

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
る事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
in this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

1999年 1月11日

願 番 号
Application Number:

平成11年特許願第004216号

願 人
Applicant(s):

オリンパス光学工業株式会社

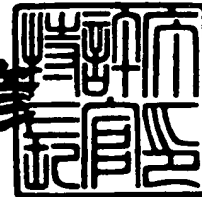
Jc617 U.S. PRO
09/476910
01/03/00

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

1999年12月 3日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特平11-3085145

【書類名】 特許願

【整理番号】 A009807295

【提出日】 平成11年 1月11日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G06T 1/00

【発明の名称】 画像処理装置

【請求項の数】 3

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス光学工業株式会社内

【氏名】 三原 孝士

【特許出願人】

【識別番号】 000000376

【氏名又は名称】 オリンパス光学工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100058479

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴江 武彦

【電話番号】 03-3502-3181

【選任した代理人】

【識別番号】 100084618

【弁理士】

【氏名又は名称】 村松 貞男

【選任した代理人】

【識別番号】 100068814

【弁理士】

【氏名又は名称】 坪井 淳

【選任した代理人】

【識別番号】 100100952

【弁理士】

【氏名又は名称】 風間 鉄也

【選任した代理人】

【識別番号】 100097559

【弁理士】

【氏名又は名称】 水野 浩司

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011567

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9602409

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書
【発明の名称】 画像処理装置
【特許請求の範囲】

【請求項 1】 仮想的な撮像光学系の特性を想定して、取り込んだ画像に対して合焦状態に応じたぼけ効果を付加する画像処理装置であり、

被写体の各部分までの距離情報を含んで画像情報を取り込む画像入力手段と、

想定された撮像光学系の有効径と焦点距離を導出可能なパラメータを入力するパラメータ入力手段と、

上記想定された撮像レンズの合焦位置を指定する合焦位置指定手段と、

上記画像入力手段によって入力された距離情報と、上記合焦位置指定手段によって指定された合焦位置と、上記パラメータ入力手段によって入力されたパラメータより、ぼけ状態を求めるぼけ状態演算手段と、

上記ぼけ状態演算手段で求めたぼけ状態に対応して、上記画像入力手段で入力した画像にぼけ効果を加える画像加工手段と、

を具備することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】 取り込んだ画像に対してぼけ効果を付加する画像処理装置であり、

被写体の各部分までの距離情報を含んで画像情報を取り込む画像入力手段と、

上記画像入力手段で入力した画像に、遠方の距離情報をもつ画像の部分より順に、上書きで、ぼけ効果を付加する画像加工手段と、

を具備することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 3】 取り込んだ画像に対してぼけ効果を付加する画像処理装置であり、

画像情報を取り込む画像入力手段と、

上記画像入力手段で入力した画像の一部分にのみぼけ効果を付加する第 1 の動作モードと、残りの両像部分にぼけ効果を付加する第 2 の動作モードとをもつ画像加工手段と、

上記画像加工手段の動作モードを上記第1の動作モードより上記第2の動作モードに外部より切り換え可能な切り換え手段と、
ぼけを付加した画像を表示可能な表示手段と、
を具備することを特徴とする画像処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば、仮想カメラとして高機能を有するデジタルカメラに適用可能な画像処理装置に関する

【0002】

【従来の技術】

近時、家庭用コンピュータ（PC）の浸透とPCの高性能化に伴い、従来の銀塩フィルムを用いるカメラに代わって個人用のデジタルカメラが開発され、しかも、100万画素を越えるCCDを搭載した比較的高級なデジタルカメラも販売されている。

【0003】

この高精細のデジタルカメラは、VGA以上の高精細表示装置に写したり、A4以上の大判のプリンターに写したりして、楽しむ用途に最適である。

【0004】

同時に、コンピュータ技術の小型化や低消費電力化、画像処理能力の向上に伴って、従来は特殊な研究用途や映画作製、印刷業務にしか使わなかった画像処理技術が家庭用の低コストなコンピュータによって実現することができるようになってきている。

【0005】

また、従来は高価で大型であったコンピュータ（CPU）が小型化、低消費電力化され、デジタルカメラの内部に搭載することができるようにもなっている。

【0006】

また、デジタルカメラでは、高精細のCCD、例えば、80万画素や130万

画素が1/2から1/4インチ程度に小さくなると、レンズも小さくなり、F値が大きく、焦点距離が小さくなる。

【0007】

これによって、デジタルカメラでも、焦点深度が深くなり、高価で高精度なAF機能でなくても近くから遠くまで焦点があった映像が得られるようになってきている。

【0008】

一方、デジタルカメラでは、誰が取っても同じ様な画像しか得られないという問題が出てきている。

【0009】

すなわち、比較的高級の一眼レフカメラのような銀塩フィルムを用いるカメラでは、絞りやシャッタースピードを任意に選んで、関心ある物体を浮き上がらせたり、周辺にぼけ味を付加したりすることが可能であったが、そのような写真特有の楽しさは、小型のデジタルカメラでは不可能である。

【0010】

しかるに、これらの課題は、画像処理技術を用いることによって解決することが可能である。

【0011】

例えば、1990年の情報処理学会の全国大会P109-110の「視覚によるぼけ特性のモデル化とそれによる両眼立体表示」（金子他）では、コンピュータ映像の深さ情報をもとに、眼に映る網膜の位置で視覚におけるぼけ関数をガウス分布に近似して、コンピュータ映像にぼけ味を付ける研究を行なっていることが開示されている。

【0012】

また、コンピュータ映像処理の分野では、フィルタリング処理と言って、背景をハイパスフィルターを使ってぼかし、物体をローパスフィルターを使って映像をシャープにすることが良く知られている。

【0013】

ここで、ハイパスフィルターによるフィルタリング処理とは、関心ピクセルの周

画のピクセルの色情報を平均してその関心ピクセルに置きかえる画像処理の一つの手段である平均化処理である。

【0 0 1 4】

またローパスフィルターによるフルタリング処理とは、コントラストの強調処理である。

【0 0 1 5】

また、特開平 6 - 1 1 8 4 7 3 号公報では、小型のカメラでもぼけ味が出るようにカメラ内部で計算し、警告を出す機能や、ぼけ味が出るようにカメラの距離を調節する提案がなされている。

【0 0 1 6】

また、特開平 7 - 2 1 3 6 5 7 号公報では、画像データと深さデータと F 値や焦点距離等の実際に撮影したカメラの条件情報を入力し、同時にユーザが設定した仮想撮像パラメータを別に設定して、その入力値からぼけパラメータを計算し、F 値や焦点距離等のカメラ情報との設定値からのぼけ味の比較から、ローパスフィルター及びハイパスフィルターを使い分けて新たな映像を画像処理によって画像メモリに出力する方法が示されている。

【0 0 1 7】

また、特開平 9 - 1 8 1 9 6 6 号公報では、視差を有する一対の撮像レンズを使って撮像された画像を入力し、その情報に基づいて距離情報を算出し、F、f、ピント位置の何れかを含みぼけパラメータを選択してぼけ効果を追加するようにした技術が開示されている。

【0 0 1 8】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述したような従来の手法は、いずれも画像処理によってぼけ味を付加するという意図であるが、基本的には従来の深さ方向のデータを持つコンピュータ画像にフィルタリング処理を付加するものと等価であったので、将来の超小型デジタルカメラの深い焦点の映像に、高い質感を与えることについては不十分であった。

【0019】

例えば、特開平7-213657号公報では、実際に撮影したカメラの F 、 f 、ピント位置の何れかの情報を与えて、設定した F 、 f 、ピント位置を用いてぼけ特性を計算し、ローパスフィルター及びハイパスフィルターを使い分けて新たな映像を画像処理によつて作るものであるが、実際の映像がぼけ特性を持っているので、ぼけた状態からローパスフィルターによってシャープな映像を得ることは不可能である。

【0020】

また、常に、カメラの F 、 f 、ピント位置の何れかの情報を与えることは、ズームレンズを使う場合には困難である。

【0021】

また、使うシステムやカメラに依存するため、一般性が無いし、互換性を撮ることも容易では無い。

【0022】

また、ぼけをローパスフィルター及びハイパスフィルターを使い分けで行なうため、高い質感を得ることは不可能である。

【0023】

また、特開平9-181966号公報では、視差を有する一対の撮像レンズを使つて撮像された画像を入力し、その情報に基づいて距離情報を算出し、そのぼけパラメータを選択してぼけ効果を追加するので、この要望にはかなっているが、このときのぼけパラメータは F 、 f 、ピント位置の何れかを含むため、やはりカメラの情報が必要であり、互換性や一般性が無いと共に、ぼけ味も高い質感を与えるものでは無かった。

【0024】

そこで、本願の発明者等により、現在のデジタルカメラの長焦点である課題を考へて、その高い質感を検討してきた結果、次世代のデジタルカメラに必要な機能と要件は以下のようにまとめられる。

【0025】

- ・カメラは十分な画素数を持つこと、80万画素以上の高精細である。

【0026】

- ・無限遠から比較的近くまで焦点が合っていること。

【0027】

- ・物体の深さ方向の情報があること。

【0028】

- ・ノイズを除去するために、物体単位で深さ情報がまとまった単位になっていること。

【0029】

- ・画像と深さ情報以外のカメラ情報を求めないこと。

【0030】

- ・画角、レンズ情報は仮想カメラの設定時のみとすること。

【0031】

- ・画像処理によって付加する質感は、ぼけ味や色、反射率等であること。

【0032】

- ・ぼけ味はカメラのレンズ理論に基づいて決定され、自然であること。

【0033】

- ・ぼけ味や色、反射率等は調整可能であること。

【0034】

以上のような課題が解決されないと、デジタルカメラの質感向上の実用化は困難であると判断される。

【0035】

すなわち、これらの条件を満たすために、質感を付加可能なデジタルカメラシステムの実現が強く望まれている。

【0036】

本発明は、上記の事情に鑑みてなされたもので、以上のような課題を解決して、デジタルカメラの質感向上の実用化を可能とすることにより、ぼけ等の質感を付加可能なデジタルカメラシステムの実現に寄与することができる画像処理装置を提供することを目的とする。

【0037】

【課題を解決するための手段】

本発明によると、上記課題を解決するために、

(1) 仮想的な撮像光学系の特性を想定して、取り込んだ画像に対して合焦状態に応じたぼけ効果を付加する画像処理装置であり、

被写体の各部分までの距離情報を含んで画像情報を取り込む画像入力手段と、

想定された撮像光学系の有効径と焦点距離を導出可能なパラメータを入力するパラメータ入力手段と、

上記想定された撮像レンズの合焦位置を指定する合焦位置指定手段と、

上記画像入力手段によって入力された距離情報と、上記合焦位置指定手段によって指定された合焦位置と、上記パラメータ入力手段によって入力されたパラメータより、ぼけ状態を求めるぼけ状態演算手段と、

上記ぼけ状態演算手段で求めたぼけ状態に対応して、上記画像入力手段で入力した画像にぼけ効果を加える画像加工手段と、

を具備することを特徴とする画像処理装置が提供される。

【0038】

また、本発明によると、上記課題を解決するために、

(2) 取り込んだ画像に対してぼけ効果を付加する画像処理装置であり、

被写体の各部分までの距離情報を含んで画像情報を取り込む画像入力手段と、

上記画像入力手段で入力した画像に、遠方の距離情報をもつ画像の部分より順に、上書きで、ぼけ効果を付加する画像加工手段と、

を具備することを特徴とする画像処理装置が提供される。

【0039】

また、本発明によると、上記課題を解決するために、

(3) 取り込んだ画像に対してぼけ効果を付加する画像処理装置であり、画像情報を取り込む画像入力手段と、

上記画像入力手段で入力した画像の一部分にのみぼけ効果を付加する第1の動

作モードと、残りの両像部分にぼけ効果を付加する第 2 の動作モードとをもつ画像加工手段と、

上記画像加工手段の動作モードを上記第 1 の動作モードより上記第 2 の動作モードに外部より切り換え可能な切り換え手段と、

ぼけを付加した画像を表示可能な表示手段と、

を具備することを特徴とする画像処理装置が提供される。

【 0 0 4 0 】

【発明の実施の形態】

以下図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。

【 0 0 4 1 】

(第 1 の実施の形態)

図 1 から図 5 に本発明の第 1 の実施の形態を示す。

【 0 0 4 2 】

まず、この第 1 の実施の形態を示しながら、本発明の原理について説明するものとする。

【 0 0 4 3 】

図 1 は、本発明の基本技術の構成を示すもので、ここでは、機能ブロックの構成を示しており、この機能はソフト／ハードウェア構成のいずれでも良いが、ソフトウェア構成による場合には、各機能ブロックはサブルーチンやオブジェクト化された命令の単位として、不図示のコンピュータリーダーブルプログラム記憶媒体に記憶されているものとする。

【 0 0 4 4 】

図 1 の入出力処理部 1 は、画像データやパラメータの入力部、処理部及び出力部として、3 次元 (D) 計測データ入力部 2、仮想カメラ設定部 3、質感やレンズの設定部 4、仮想フォーカス設定部 5、画像メモリ 6、仮想カメラパラメータ変換計算部 7、画像計算部 8、画像 (記録) 記憶装置 9 等を有している。

【 0 0 4 5 】

ここで、3 D 計測データ入力部 2 は、画像の 2 次元的な色調データ単位に深さ情報を持った唯一の物性データとしての画像入力手段 2 を意味し、仮想カメラ設

定部 3 は、パラメータ入力手段 3 を意味し、仮想フォーカス設定部 5 は、合焦位置指定手段 5 を意味する。

【0046】

入出力処理部 1 は、この画像入力手段 2 からの物性データをもとに、パラメータ入力手段 3、質感やレンズの設定部 4、合焦位置指定手段 5 からそれぞれの設定値を入力する手段と機能を有している。

【0047】

この画像入力手段 2 は、実際の計測カメラを装着しても良いし、アナログの映像情報でも良いし、圧縮したデータでも良いし、適当なインターフェース手段を指している。

【0048】

パラメータ入力手段 3、質感やレンズの設定部 4、合焦位置指定手段 5 は、キーボードでもマウスでも良いが、できるだけ画像によるユーザフレンドリーな構成であることが望ましい。

【0049】

画像メモリ 6 は、画像入力手段 2 からの画像入力データを一時的に記憶するメモリであり、ここでは記述していないが、画像メモリ 6 の前段に圧縮した画像データの解凍やデータ変換等のためにインターフェース回路が有っても良い。

【0050】

仮想カメラパラメータ変換計算部 7 は、パラメータ入力手段 3、質感やレンズの設定部 4、合焦位置指定手段 5 等からの仮想カメラのパラメータを変換計算する部位である。

【0051】

また、画像計算部 8 は、錯乱円演算手段、ぼけ状態演算手段、画像加工手段とを有しており、画像メモリ 6 からの入力データや仮想カメラパラメータ変換計算部 7 からの仮想カメラパラメータを用いて後述する錯乱円演算、ぼけ状態演算、画像加工処理等の所定の計算処理を実行する。

【0052】

この仮想カメラパラメータ変換計算部 7 及び画像計算部 8 の手段と機能を実現

する手法とアルゴリズムが本発明の最も重要な部分である。

【0053】

なお、画像メモリ6は省略しても良いが、画像（記録）記憶装置9は、画像計算部8で計算した結果を格納する構成である。

【0054】

この構成での従来例と決定的に異なる部分について説明する。

【0055】

まず、特開平7-213657号公報は、「カメラから画像データと深さデータとF値や焦点距離等のカメラ情報を入力し、仮想撮像パラメータを別に設定してその入力値からぼけパラメータを計算し、F値や焦点距離等のカメラ情報との設定値からの実際と計算結果のぼけ味の比較から、ローパスフィルター及びハイパスフィルターを使い分けて新たな映像を画像処理によって画像メモリに出力する方法」である。

【0056】

つまり、現状のカメラの条件と、ぼけ状態を含む映像を入力して、仮想的なカメラの条件との比較で映像を新たに作る構成である。

【0057】

また、特開平9-181966号公報は、「視差を有する一対の撮像レンズを使って撮像された画像を入力し、その情報に基づいて距離情報を算出し、F、f、ピント位置の何れかを含むぼけパラメータを選択してぼけ効果を追加する方法」である。

【0058】

この場合には、カメラの設定条件を含む現在の写真の状態に、新たな写真撮影条件を付加して、画像処理を行ない、ぼけ味を出す構成である。

【0059】

これらの従来例に対して、この発明では以下のような構成と効果を実現するものである。

【0060】

・映像情報としては、画像を含む3次元計測カメラで撮った画像データのみで

ある。

【0061】

・本発明のシステムにおいてはじめて、F 値や焦点距離、絞り値等の仮想カメラの設定を行なう。

【0062】

・ぼけ状態を特徴付けるレンズの性能や、レンズの色の分散特性、そのときの大気の分散特性等、距離によるぼけ状態関数等を適宜設定することができる。

【0063】

・最後に、ユーザーがターゲットにする物体にフォーカスを合わせて、仮想カメラを楽しむことが可能となる。

【0064】

次に、図2から図6を用いて、本発明の基本的な考え方を説明する。

【0065】

ここでは、ある位置に焦点を合わせたときのぼけの半径（錯乱円）をおおよその値として見積もり、その特性を得る。

【0066】

図2は、レンズの焦点位置よりも前にある物体の結像状態を示す。

【0067】

ここで、 f はレンズの焦点距離、 Z_f は焦点を合わせた物体の位置、 Z_{fo} は焦点の位置、 Z は観察している場所の距離、 Z_o は観察している場所の結像側の距離、 D はレンズの有効半径、原点はレンズの中心とする。

【0068】

ここで、複数のレンズを組み合わせて用いる場合には、単一のレンズであると仮定する。

【0069】

ここで、レンズから結像面を正に取り、焦点を Z に合わせた場合の視点 Z_f の点でのぼけの半径を d とすると、幾何学的な関係式から

$$d / (Z_o - Z_{fo}) = D / Z_o \quad \dots (1)$$

$$(1 / Z) + (1 / f) = 1 / Z_o \quad \dots (2)$$

$$(1/Zf) + (1/f) = 1/Zfo \quad \dots (3)$$

を用いて、計算すると、

$$d = D \{ (1/Zf) - (1/Z) \} / \{ (1/Zf) + (1/f) \} \quad \dots (4)$$

が得られる。

【0070】

ここで、 $Zf < 0$ 、 $Z < 0$ である。

【0071】

ここで、判り易く、 Zf と Z の絶対値をとると、

$$d = D \{ (1/|Z|) - (1/|Zf|) \} / \{ (1/f) + (1/|Zf|) \} \quad \dots (5)$$

が得られる。

【0072】

図3の(a)は、この関係を実際に計算し、数量化して示している。

【0073】

ここでは、 $f = 50 \text{ mm}$ のレンズを仮定し、焦点位置を $Zf = 0.3 \text{ m}$ 、 1 m 、 10 m の3点で計算した値をテーブル化して示している。

【0074】

図3の(b)は、この計算結果をグラフ化して示している。

【0075】

ここでは、 20 cm 以下にレンズが近づくと極端に錯乱円が大きくなると共に、十分遠方に設定した場合には、 d/D は漸近的に減少していることが分かる。

【0076】

次に、焦点が合った位置より遠方を考える。

【0077】

この場合には、図5に示すような結像関係となる。

【0078】

簡単な幾何学によって、

$$d / (Z f o - Z o) = D / Z o \quad \dots (6)$$

$$d = D \{ (1 / Z) - (1 / Z f) \} / \{ (1 / Z f) + (1 / f) \} \quad \dots (7)$$

が得られる。

【0079】

ここで、 $Z f < 0$ 、 $Z < 0$ である。

【0080】

ここで、判り易く、 $Z f$ と Z の絶対値をとると、

$$d = D \{ (1 / |Z f|) - (1 / |Z|) \} / \{ (1 / f) + (1 / |Z f|) \} \quad \dots (8)$$

が得られる。

【0081】

図4の(a)は、この関係を実際に計算し、数量化して示している。

【0082】

ここでは、 $f = 50 \text{ mm}$ のレンズを仮定し、焦点位置を $Z f = 0.3 \text{ m}$ 、 0.6 m 、 2 m の3点で計算した値をテーブル化して示している。

【0083】

図4の(b)は、この計算結果をグラフ化して示している。

【0084】

ここで、 $Z f = 0.3 \text{ m}$ の場合には少し離れると急激にぼけが拡大する一方で、焦点を 2 m の遠方に合わせた場合には、ぼけが広がらないことが分かる。

【0085】

例えば、 $Z f = 0.3 \text{ m}$ の場合では、その2倍の 0.6 m で錯乱円の半径 d は D の10%に達すると共に、そのあと漸近的に20%まで拡大する。

【0086】

一方、 $Z f = 0.6 \text{ m}$ の場合では、その2倍の 1.2 m でも d は D の5%であり、漸近的に10%まで拡大する。

【0087】

実際のぼけの状態は、図3の(a)，(b)及び図4の(a)，(b)が組み

合わさった状態で現れる。

【0088】

図6は、この様子を示している。

【0089】

ここで、 Zf を焦点を合わせた距離とすると、近距離では急激に拡大した d は Zf まで急激に下がり、その後 Zf では最小になって、 Zf を越えると Zf の2倍まで再度急激に拡大し、その後は漸近的に拡大する。

【0090】

d の値は、このような定量的な解析式によって計算することができる。

【0091】

このように、ぼけの錯乱円 d の大きさは、仮想的に設定することができる。

【0092】

具体的には、レンズの焦点距離 f 、有効的な口径 $2D$ 、または

$$2D = f / F \quad \dots (9)$$

の式を用いてFナンバーと、設定する焦点を合わせる距離とで決定することができる。

【0093】

すなわち、このパラメータの中には、画像の深さ方向を取るカメラの情報は全く入っていない。

【0094】

これは特開平7-213657号公報とは決定的に異なる構成である。

【0095】

つまり、特開平7-213657号公報によるカメラでは、画像と深さ情報のみを取り込み、その後のカメラ条件の設定は、画像処理装置内でのみ行なう。

【0096】

この発明では、ぼけの錯乱円 d の大きさを考えるようにしたが、実際に自然なぼけ味や遠近感を表現する場合には、ぼけを現す、PSF (Point Spread Function) の形を決めることが重要である。

【0097】

図6は、一般的なレンズで経験的に言われているレンズに近い側でのぼけ特性 PSF_n と遠方でのぼけ特性 PSF_f を示す。

【0098】

図7は、 PSF 特性の説明図を示す。

【0099】

ここで、図7の(a)は Z_f よりも近い場合の Z_f 面での PSF であるが、一般的に言って周辺部の光量が多くなる傾向にある。

【0100】

また、図7の(b)は Z_f よりも遠方の像が作る PSF であるが、一般的にはこの PSF の形状もレンズによって大きく異なる。

【0101】

ここでは、非点収差のみを考えたが、実際にはコマ収差や色収差が出て複雑になる。

【0102】

しかし、最も感覚的に自然にぼけを表わすのは、コマ収差や色収差が無い、非点収差によるものと考えられる。

【0103】

この非点収差は、半径方向に対称になっているので、ここで、この関数形を図7の(b)に示すような凸型をA型とし、図7の(a)に示すような凹型をB型とするならば、べき関数表示して

A型なら

$$g_b(r) = G_b(a_0 + a_1 r + a_2 r^2 + a_3 r^3) \quad \dots (10)$$

B型なら

$$g_b(r) = G_b(1 - b_1 r - b_2 r^2 - b_3 r^3) \quad \dots (11)$$

ここで、 $-d \leq r \leq d$

の範囲外は0であって、その空間的な容積が1になるようにGで規格化する。

【0104】

各係数はその形を示す係数である。

【0 1 0 5】

図 8 は、実際の処理のフローを示す。

【0 1 0 6】

ステップ（S 1）では、画像データの入力を行う。

【0 1 0 7】

この画像データは白黒、カラーでも良いが、深さ情報を持ち、望ましくはピクセル単位であるが、ブロック単位でも良いし、オブジェクト単位でも良い。

【0 1 0 8】

また、圧縮されている場合には、解凍処理を行なってビットマップ形式にしてその画像を画像メモリ 6 に一旦貯える。

【0 1 0 9】

ステップ（S 2）では、レンズの特性設定を行う。

【0 1 1 0】

通常、この処理はデフォルト値を設定しておくことにより、ユーザーによる設定を省略することができる。

【0 1 1 1】

ここで、レンズの特性とは、ぼけ関数や収差の種類等である。

【0 1 1 2】

ステップ（S 3）では、カメラパラメータの設定を行う。

【0 1 1 3】

ここで、カメラパラメータとは、レンズを設定したときの絞り情報やズームの情報と言う。

【0 1 1 4】

ステップ（S 4）では、撮影時の焦点情報の設定を行う。

【0 1 1 5】

すなわち、ここでは、焦点の距離を何処に設定するか、また、画面上のどの位置に焦点を合わせるか等を設定する。

【0 1 1 6】

ステップ（S 5）では、ステップ（S 2）からステップ（S 4）の設定値をも

とに画像の距離情報からぼけ関数を以下のようにして計算し、距離に応じたぼけ状態を画像データに付加する。

【0117】

- ・ Dの決定。

【0118】

- ・ 焦点と物体の座標の関連を調べる。

【0119】

- ・ (5) 式、(8) 式を用いて錯乱円の大きさ d を計算する。

【0120】

- ・ ぼけ関数を (10) または (11) 式を用いて表わすが、この関数は数値関数でも良い。

【0121】

- ・ 各ピクセルの RGB 強度をぼけ関数を用いて分散させる。

【0122】

- ・ 全ての画像のぼけ状態を計算する。

【0123】

ステップ (S6) では、図示しない画面上に計算結果を表示する。

【0124】

ステップ (S7) では、画面上の表示に基づいて判定処理を実行し、OKなら画像を画像記憶装置 9 に格納するが、NGの場合には、ステップ (S1) からステップ (S4) に戻る。

【0125】

以上の手順と構成から、本発明によれば、従来の課題が解決して、デジタルカメラの質感向上の実用化を可能とすることにより、質感を付加可能なデジタルカメラシステムの実現に寄与することができる画像処理装置を実現可能である。

【0126】

この手順は一例であって、順番は変わっても良いと共に、例えば、ステップ (S4) とステップ (S3) とは一緒に設定しても良いように、一部は重複しても良い。

【0127】

また、ステップ（S5）の実際の画像の変換処理は、ピクセル単位で計算しても良いし、ぼけ関数を前もって計算し、ルックアップテーブルを作って、例えば、行列計算を行っても良い。

【0128】

図9は、この計算の一例を示している。

【0129】

ステップ（S11）では、各ピクセル単位で深さ（Z）情報を含むRGBのカラー画像を入力する。

【0130】

ステップ（S12）では、メモリやCCD等のデバイスに合わせた離散化を行う。

【0131】

通常、ステップ（S11）の入力時点でデジタル情報として離散化されている場合が多いので、その場合には、関心のある（計算する）画角を決めて、その中で離散化する。

【0132】

ステップ（S13）では、設定パラメータの入力を行う。

【0133】

ステップ（S14）では、設定パラメータからD、Zf、fを抽出する。

【0134】

この場合、fはレンズ情報から、DはF値から（9）式を用いて算出する。

【0135】

ステップ（S15）では、各ピクセル（i）で計算を開始する。

【0136】

まず、スタートするセルを選び、ステップ（S14）のD、Zf、fと各ピクセルのZ値からdを計算する。

【0137】

この場合、ZとZfの関係から2つのdが算出されるので、これをd1、d2

として用意する。

【0 1 3 8】

すなわち、 Z の絶対値が Z_f より小さい場合には d_1 を使うと共に、 Z の絶対値が Z_f より大きい場合には d_2 を使うものとする。

【0 1 3 9】

ステップ (S 1 6) では、レンズ特性で得たぼけ関数を用意する。

【0 1 4 0】

これは、前述したA型である凸関数では、 a_1 から a_3 等を用いて得られる g_a を用いると共に、前述したB型である凹関数では b_1 から b_3 等を用いて得られる g_b を用いる。

【0 1 4 1】

また、距離に依存しない関数を使う場合には、ステップ (S 1 3) の時点で計算しておくものとする。

【0 1 4 2】

また、 Z と Z_f の差に依存する場合には、その都度計算するものとする。

【0 1 4 3】

ステップ (S 1 7) では、 R_i による j 点でのぼけ状態を計算する。

【0 1 4 4】

この場合、 g は、ぼけ状態が前述したA型である凸関数か、あるいは前述したB型である凹関数かで、ステップ (S 1 6) と同様に g_a 、 g_b を使分けるものとする。

【0 1 4 5】

通常、 Z_f よりレンズに近い場合には前述したA型である凸関数で、遠い場合には前述したB型である凹関数を使うものとする。

【0 1 4 6】

この場合、 g は、前述したように規格化してあるので、 i と j の座標の距離で決まる値に R_i を積算した値が、 j の値となる。

【0 1 4 7】

ここでは R のみを示したが、 G 、 B に関しても同様に行うものとする。

【0148】

この手続きは、ステップ（S15）まで戻ってすべてのピクセルで行うものとする。

【0149】

ステップ（S18）では、ある点 j のぼけ状態は、 i 点のぼけ関数の及ぶすべての範囲であるので、 i に関して R_{ji} の和で与えられる。

【0150】

ステップ（S19）では、終了する。

【0151】

以上の手法によって、極めて自然で、かつインパクトの高いぼけ等を付加した画像が得られる。

【0152】

しかし、詳細には幾つかの課題もある。

【0153】

図10の（a）は、その一つを示しており、それは処理の順番による物体間の「かぶり」である。

【0154】

ここでは、近い人物像10と遠方の樹木11では、人物にピントを合わせて、樹木11にぼけを付加した例であるが、樹木11のぼけが人物10にもかぶっている。

【0155】

これは、処理を人物10から樹木11方向に処理を行ったために生じる「かぶり」である。

【0156】

図10の（b）は、この「かぶり」の解決の手段を示している。

【0157】

すなわち、図10の（b）に示すように、最初に深さの異なる物体単位に分けて置き、その物体単位でぼけ状態を含む表現を付加することである。

【0158】

この場合には、深さがより深い物体 12 から順番に処理し、その上に人物 10 を上書きする処理を行うことにより、各物体間に明確な前後関係を持たせることができる。

【0159】

そして、この場合、ぼけや表現のために、色情報を加算することと、異なるその上の物体を重ねるときには、加算の方法を変える必要がある。例えば、

- ・近い物体 10 にピントが合っている場合には、そのピクセルの遠方の色情報を捨て、新しい近い物体の色に置き換える。

【0160】

- ・近い物体 10 にピントが合っていない場合には、その物体のぼけ状態を表わす、必要なら周辺部を一部透明化して、そのピクセルの遠方の色情報に新しい近い物体の色を加算する。

【0161】

図 10 の (c) は、他の解決手段を示している。

【0162】

すなわち、図 10 の (c) に示すように、ピクセル単位で深さ情報を持っているので、Z の絶対値の大きなピクセルから処理することである。

【0163】

この例では、山の物体 12 で最も遠方のピクセルから処理をし、順番に樹木 11、人物 10 とを処理をする。この場合も

- ・近い物体 10 にピントが合っている場合には、そのピクセルの遠方の色情報を捨て、新しい近い物体の色に置き換える。

【0164】

- ・近い物体 10 にピントが合っていない場合には、その物体のぼけ状態を表わす、周辺部を必要なら一部透明化して、そのピクセルの遠方の色情報に新しい近い物体の色を加算する。

【0165】

のような処理が一部必要である。

【0166】

図11から図13は、第1の実施の形態における具体的な処理について説明するために示している図である。

【0167】

これは、実際のコンピュータの画面でのイメージであるが、カメラの液晶画面でも良い。

【0168】

図11は、最初にレンズの特性を設定する画面の例である。

【0169】

レンズの情報は、あらかじめデフォルト値を入れておくことにより、ユーザーが設定しなくても良いようにしておく。

【0170】

この例では、レンズ、収差、ぼけ関数の3つを設定するようになっている。

【0171】

図11の(a)は、レンズを設定する画面13である。

【0172】

この場合、まず、レンズが単焦点16か、ズーム17かのどちらかを選ぶものとする。

【0173】

そして、単焦点レンズを選択した場合には、f値18を入れると共に、ズームを選択した場合には、MaxとMinのf値を入れるが、これは数字で入れても良いし、選択するようにしても良い。

【0174】

次に、レンズの口径19を同様して入れる。

【0175】

図11の(b)は、収差を設定する画面である。

【0176】

まず、収差のタグ20をクリックすることにより、収差を設定する画面に切り替える。

【0177】

ここでは、非点収差 21、コマ収差 22、色収差 23 のどれでも選択することができるようにしてあると共に、コマ収差や色収差の場合には、その種類を選ぶようにしてある。

【0178】

また、コマ収差ならその中心のずれの程度を選択することができるようにしてあると共に、色収差なら、赤、青等の成分とその収差の強さを選択することができるようにしてある。

【0179】

この強さは、ボリューム等を使っても良いが、特殊効果 24 のボタンにより、フィルター的な効果をもたせるようにしても良い。

【0180】

例えば、一眼レフカメラの場合には、絞りを絞ると、この絞りの多角形（六角形）がフィルターとして働き、強い反射等は、この多角形になって画面上に現れる。

【0181】

このような効果や、あたかもユーザー自身で自由なフィルターを用いた場合が想定できる。

【0182】

この各収差の設定については、複数の効果を同時に得られるようにすることもできる。

【0183】

例えば、非点収差とコマ収差を選べば、それらの効果が同時に出てくるようにすることもできる。

【0184】

ここでは、コマ収差は、設定した幾つかのパターンの中から選択するようにしたが、コマ収差のパラメータをユーザー自身で設定することができるようにしても良い。

【0185】

図11の(c)は、ぼけ関数、すなわち、錯乱円内の単位広がり関数 (Point Spread Function) の形を設定する機能を示している。

【0186】

ここでは、最も重要な非点収差の設定のみを示しているが、コマ収差や色収差に関しても同様な手法をとることが考えられる。

【0187】

ここでは、焦点の合致位置よりも近いぼけを近関数26として、遠いぼけを遠関数27として示している。

【0188】

初期設定の値としては、近関数は凹関数で中心部が周囲よりも小さい値、遠関数は凸関数として中心が周囲よりも大きい値を設定するものとするが、これはレンズの特性であり、自由に変更することができる。

【0189】

ここで、コンピュータが決定する錯乱円の半径が、非点収差のために円対称である点の制約を除いてはユーザーが自由に設定することができる。

【0190】

設定の方法については、数字を入れても良いが、ユーザーがマウスを用いて半径(r)方向の値を指定し、ドラッグすれば自由に変えられるようにする。

【0191】

但し、関数の積分値は一定になるように規格化する。

【0192】

尚、実際の計算上の関数と、画面上の関数は違っていても良い。

【0193】

関数形を直感に訴えるようにするために、 $G(r)$ でも良いし、 $G(r)/r$ でも良いし、 $G(r)/r^2$ でも良い。

【0194】

図12は、図8に示した仮想カメラのパラメータ設定(ステップS3)と焦点位置設定(ステップS4)を示す。

【0195】

ここでは、簡略化とユーザーに使い易さのために、単一画面で設定することができるようにしている。

【0196】

この場合、ユーザーは、F 値 28 と焦点の位置 29 を、この例ではボリューム (28, 29) を調整することにより、設定することができる。

【0197】

例えば、ぼけ味を強調したいのであれば、F 値を小さく 1.4 にする。

【0198】

この値を設定すると、予め設定した f 値を用いて、(9) 式を用いて D が計算され、(5) 式と (8) 式に適用される。

【0199】

ここで、図 12 に示した映像は、図示しないモニター用の画面である。

【0200】

このモニター用の画面として全ピクセルを使った場合には、計算が膨大になるために、結果が出るまで時間がかかるので、全ピクセルの一部のみを使うものとする。

【0201】

例えば、映像が VGA の 480×640 の場合には、これを $1/5$ に間引いて 96×128 とすると共に、この画面を、例えば、4 分割 (30) する。

【0202】

この 4 分割のうち、例えば、第 2 と第 4 現象は加工前の映像を出すようにし、第 1、第 3 現象は加工後の映像を出すようにする。

【0203】

この画素数であれば、ほぼリアルタイムで計算でき、F 値や焦点の位置で変化を確認することができる。

【0204】

この仮想カメラは、F 値や焦点を実際のカメラに関係なく、全く自由に決定できる。

【0205】

以上のようにして、設定が完了したら、図示しない完了ボタンの操作により、全ピクセルの計算に入り、結果が表示され、必要に応じて、印刷や記憶装置 9 への記憶がなされる。

【0206】

図 13 は、こうして最終的に決定したパラメータによって得られた最終映像の例を示している。

【0207】

このように、ピントを合わせた人物 10 はくっきりと、また、樹木 11 は適度に球状で自然であるぼけ味が出ている。

【0208】

このぼけ味は、前述したように、非点収差のぼけ関数の形を変えることで自由に変更可能であると共に、このぼけ味の大きさはレンズ理論に基づいているので自然であり、その程度は、レンズの性質による。

【0209】

この場合、比較的シャープなレンズでは、ガウス関数的であり、ソフトなレンズは明るい部分が球状となって味が出てくる。

【0210】

また、コマ収差を入れると、周辺部の映像が周囲に流れるようになって、比較的人間の視覚が捕らえるような自然な映像になり、この影響も自由に設定することができる。

【0211】

特に、遠近感によってその効果が、物理現象によって変化するので、極めて自然である。

【0212】

また、色収差は、ぼけによって焦点の合わない場所が赤、または、青にシフトする状況であるが、この現象も、視覚的には自然であり、多くの効果を得ることができる。

【0213】

(第2の実施の形態)

図14は、第2の実施の形態を示している。

【0214】

この第2の実施の形態基本的な概念や構成方法は、第1の実施との形態同様である。

【0215】

図14は、前述した図12のための実施の形態であって、ユーザーインターフェースを強化した実施の形態である。

【0216】

ここで、第1の実施の形態では、焦点の位置設定をボリュームで行うようにしていたが、第2の実施の形態では、距離情報を既にピクセル単位で持つようにしているため、焦点を合わせたい場所に設定すれば、そのから距離が判明するはずである。

【0217】

この例では、F値はボリュームで設定するが、ピントは人物31の頭に合わせるようにしてある。

【0218】

すると、頭の位置の深さ情報を計算してZを決め、図14の下部のボリュームの位置29が自動で動いて、焦点位置が決まる。

【0219】

また、ピクセル単位では、その誤差もあるので、指定した点の近傍の距離を平均するようにしても良く、この平均する半径やピクセル数を、別途するように設定しても良い。

【0220】

このようにして、設定が完了したら、図示しない完了ボタンの操作により、全ピクセルの計算に入り、結果が表示され、必要に応じて、印刷や記憶装置9への記憶がなされる。

【0221】

(第3の実施の形態)

図15は、第3の実施の形態を示している。

【0222】

この第3の実施の形態の基本的な概念や構成方法は、第1の実施の形態と同様である。

【0223】

図15は、ズーム機能を持った場合のユーザインターフェースを強化した実施の形態である。

【0224】

ここで、第1の実施の形態では、ズーム32はレンズの焦点距離を決定したものであったが、この図15の場合には、画面の上部でズームの設定32ができるようになされている例である。

【0225】

ここで、焦点距離の最大と最小とは、レンズ設定で設定したものが表示されている。

【0226】

ここで、ズーム比率を変えると、その中心に対して拡大されて表示されても良いが、全体の中で見たい画角が指定できるように、図15では、まず焦点を合わせたい物体31にマウス等を用いて指定するようにしている。

【0227】

これで、物体の指定ピクセル（または幾つかのピクセルの平均値）の距離を用いて、焦点の位置が決まる。

【0228】

その後、ズーム倍率を上げることで、その画角にあった外枠40が現れて、注目画角が表示されるようになされているものであり、この例では、焦点の位置はボリューム29上に現れるようになされている。

【0229】

また、F値28とズーム32、焦点位置29が決まれば、ぼけ状態を含む表現

が決まるので、映像の加工を行うことができる。

【0230】

これは、中心位置によって自動的に分割された領域30が現れ、加工状態が判るようしておく。

【0231】

ここで、33は拡大ボタン、34は全体ボタンであり、拡大ボタン33の操作によつて、外枠40全体が画面に現れて、ズームの状態を知ることができる。

【0232】

また、全体ボタン34の操作によって、拡大やズーム前の全体を見て、加工を行なうことができる。

【0233】

このようにして、設定が完了したら、図示しない完了ボタンの操作によつて、全ピクセルの計算に入り、結果が表示され、必要に応じて、印刷や記憶装置9への記憶がなされる。

【0234】

(第4の実施の形態)

図16は、第4の実施の形態を示している。

【0235】

この第4の実施の形態の基本的な概念や構成方法は、第1の実施の形態と同様であるが、この実施の形態では、レンズ特性の設定の際に、コマ収差の特性を設定するようにしているものである。

【0236】

図16の(a)は、コマ収差の特性と表現方法を示すもので、35はコマ収差の特性を示している。

【0237】

ここで、コマ収差は、像がレンズの中心から外れた場合の像の放射線状の歪みを表わしているが、中心から離れた距離 r における収差を表わしている。

【0238】

その収差は、中心から外に向かって放射状に伸びるものであり、この実施の形

態としては、35のように中心から放射状に伸びている状態を表現するために、中心の位置（関心ピクセル）を焦点にした放物線で表わしている。

【0239】

これは、そのピクセルから画面の中心に線を引き、その法線方向を r 、垂直方向を r_v とすると、この r_v に対する二次曲線で表わされるが、 r_v 方向に距離 d で打ち切るような関数で近似する。

【0240】

ここで、他の例としては、より簡略化して、 d を半径とする錯乱円36であり、非点収差としてのぼけ関数を与える方法は図16の(a)と同じであるが、図16の(b)のように、その錯乱円36の中心を、関心ピクセルから r_o だけずら方法がある。

【0241】

この場合、 r_o はデフォルトで与えるようにしても良いが、ユーザー側で設定することができるようにしても良い。

【0242】

この r_o は、 r の関数であり、基本的には r の一次関数であり、外側に行くほど大きい。

【0243】

このコマ収差は、画面の周辺が周辺に向かって流れるような映像になる。

【0244】

一般に、レンズは、このコマ収差を削減するように設計するが、人間の眼で見た感覚に近いため、この実施の形態のように仮想的にコマ収差を付けることにより、極めて高い品質の映像表現が可能である。

【0245】

また、単に、映像の周辺をぼかすのでは無く、この実施の形態のように、深さ情報を加味して深さとぼけと他の収差との組み合わせにより、人間の視感覚に近い、非常に自然な映像表現が可能になる。

【0246】

なお、この実施の形態においては、錯乱円の大きさ d の範囲でPSFの変数 r

が変化してる。

【0247】

しかし、必ずしも、変数 r は d の範囲内で変化する必要は無く、要は、大きな錯乱円では P S F の変数 r の取り得る範囲も対応して広くなり、小さな錯乱円では変数 r の取り得る範囲は対応して狭くなればよい。

【0248】

(第5の実施の形態)

図17は、第5の実施の形態を示している。

【0249】

この第5の実施の形態の基本的な概念や構成方法は第1の実施の形態と同様であるが、この実施の形態ではレンズ特性の設定の際に、色収差の特性を設定するようにしているものである。

【0250】

図17は、色収差の特性と表現方法を示すもので、図17の(a)は、その一例として、錯乱円37の半径 d で決まるぼけ関数の大きさを示している。

【0251】

38は内円であって、この内円38の内部の色は中心ピクセルそのものであるが、外部 $d - \Delta$ は図17の(a)の例では青色、図17の(b)の例では赤色を強調する。

【0252】

この色収差は、画面の周辺が赤みがかかったり、青みがかかったような映像になる。

【0253】

一般に、レンズは、この色収差を削減するように設計するが、人間の眼で見た感覚に近いため、この実施の形態によって仮想的に色収差を付けることで極めて高い品質の映像表現が可能である。

【0254】

また、単に、映像の周辺をぼかすのでは無く、この実施の形態では、深さ情報を加味して深さとぼけと他の収差との組み合わせにより、人間の視感覚に近い、

非常に自然な映像表現が可能になる。

【0255】

(第6の実施の形態)

図18は、第6の実施の形態を示している。

【0256】

この第6の実施の形態の基本的な概念や構成方法は、第1の実施の形態と同様であるが、レンズ特性の設定の際に、大気中の色分散の特性を設定するようにしているものである。

【0257】

大気の色分散は、本来ならレンズの特性では無いが、レンズの特性として設定することで、全く同様な効果を演出することができる。

【0258】

ここで、大気の状態は、時間と場所とによって全く異なり、例えば、晴天の山等に行くと、紫外線が多く、遠方は青みが強く見える。

【0259】

また、太陽とレンズの方軸との方位によっては、偏光成分を多く含む場合もある。

【0260】

一方、地平線や水平線の近くでは、大気中のちりの分散特性によって赤みが強く出ることにより、夕焼けや朝焼けの映像になる。

【0261】

図18は、大気の色分散の特性と表現方法を示すもので、図18の(a)は赤シフトの一例である。

【0262】

距離がある深さ以上の場合には、赤の領域を強調する。

【0263】

ここでは、Zの閾値 Z_{th} を設定するようにしているが、段階的にZの大きさによって赤シフト量を増やす方法でも良い。

【0264】

図18の(b)は青シフトの一例である。

【0265】

距離がある深さ以上の場合には、青の領域を強調する。

【0266】

ここでは、Zの閾値 Z_{th} を設定するようにしているが、段階的にZの大きさによって青シフト量を増やす方法でも良い。

【0267】

これによって、この実施の形態では、自然な遠近感を後から付加できる。

【0268】

一般に、風景写真などは、偏光フィルターを用いて遠方のコントラストや色を見た目以上に改善して撮影するが多いが、実際には、遠方の映像は品質が劣化している。

【0269】

この実施の形態では、晴れた日、曇った日、夕方等のシミュレーションによって、映像の改善を簡単に行うことができる。

【0270】

特に、深さ方向を取り込むことで、自然な表現が可能であり、他のぼけ状態との組み合わせにより楽しむことができる。

【0271】

(第7の実施の形態)

図19は、第7の実施の形態を示している。

【0272】

この第7の実施の形態の基本的な概念や構成方法は、第1の実施の形態と同様であるが、データ入力手段の他の実施の形態を示す。

【0273】

第1の実施の形態では、入力データはピクセル単位で深さ情報を持っていることとしたが、現時点では、通常のカメラと同様に深さと画像の両方を正確かつ高速に取れると共に、安価なカメラを構成することはそんなに容易では無く、高価

であったり、取得に時間がかかったりする。

【0274】

一般には、データ入力のために、アクティブ法とパッシブ法を用いる。

【0275】

アクティブ法は、レーザーによる干渉測定や光切断法、モアレ法等であって、積極的に物体に光等をあてて測定する方法であるため、測定が大掛かりになったり、画像情報と一緒に取るには時間がかかったりする。

【0276】

パッシブ法はカメラに入ってくる画像を用いて測定する方法であって、ステレオ視や多眼視、位相差法等がある。

【0277】

カメラとしては、パッシブ法の方が理想であるが、暗い場合には測定精度が落ちたり、映像によつては距離が一意的に決まらない等の問題がある。

【0278】

図19の(a)は第7の実施の形態の1つの実施の形態である。

【0279】

ここでは、ピクセル単位の深さ情報では無く、ある物体単位の距離情報を入力する場合であり、深さはピクセル単位でも良いし、あるまとまった領域単位でも良い。

【0280】

この場合は人物10、木11、山12に分割し、それぞれ深さ情報を持つようにしているが、アクティブ法で測定する場合には、近い物体、比較的遠方の物体と背景を別々に、撮影して、物体単位の距離情報を入力しても良いし、測定の方法が、物体によって違っても良い。

【0281】

パッシブ法の場合にも同様であるが、物体単位でステレオマッチングのみでは算出できない場合に、色、テクスチャー等の複数の物理量から物体を判断する場合に重要なデータの準備手段である。

【0282】

図19の(b)は、もつと簡略化した例である。

【0283】

この場合には、アニメーションのように、あるまとまった物体単位で一つの深さ情報を割り当てる。

【0284】

この例では、人物10、樹木11、山12、空39は、それぞれ板状として、Z1、Z2、Z3、Z4、のように、物体単位で同一の情報を持つ。

【0285】

これは、非常に簡略化した計測装置で深さを計測する場合や、計測画面上の複数点の場合に適用される。

【0286】

また、計測はしないで、2次元の画像を、濃淡や色、またはユーザーの意図に沿った切り出しのみで物体をセグメンテーションする場合にも、深さ情報をあとで追加することにより、この実施の形態を実行するソフトウェアを適用することができる。

【0287】

この場合、画面の切り出しと、物体単位の深さの設定とが、この実施の形態を実行するソフトウェアに含まれていても良い。

【0288】

そして、上述したような実施の形態で示した本発明には、特許請求の範囲に示した請求項1乃至3以外に、以下の付記(1)乃至(26)として示すような発明が含まれている。

【0289】

付記(1) 仮想的な撮像光学系の特性を想定して、取り込んだ画像に対して合焦状態に応じたばけに相当する効果を付加する画像処理装置であり、

被写体の各部分までの距離情報を含んで画像情報を取り込む画像入力手段と、
想定された撮像光学系の有効径と焦点距離を導出可能なパラメータを入力するパラメータ入力手段と、

上記想定された撮像レンズの合焦位置を指定する合焦位置指定手段と、
 上記画像入力手段によつて入力された距離情報と、上記合焦位置指定手段によつて指定された合焦位置と、上記パラメータ入力手段によつて入力されたパラメータより、錯乱円を求める錯乱円演算手段と、
 上記錯乱円演算手段で求めた錯乱円の大きさに対応した範囲で、単位広がり関数（PSF）によりぼけ状態を求めるぼけ状態演算手段と、
 上記ぼけ状態演算手段で求めたぼけ状態に対応して、上記画像入力手段で入力した画像にぼけ効果を加える画像加工手段と、
 を具備することを特徴とする画像処理装置。

【0290】

付記（2） 仮想的な撮像光学系の特性を想定して、取り込んだ画像に対して合焦状態に応じたぼけ効果を付加する画像処理方法であり、
 被写体の各部分までの距離情報を含んで画像情報を取り込むステップと、
 想定された撮像光学系の有効径と焦点距離を導出可能なパラメータを入力するステップと、
 上記想定された撮像レンズの合焦位置を指定するステップと、
 上記入力された距離情報と、上記指定された合焦位置と、上記入力されたパラメータより、ぼけ状態を演算により求めるステップと、
 上記求めたぼけ状態に対応して、上記入力した画像にぼけ効果を加えるステップと、
 を具備することを特徴とする画像処理方法。

【0291】

付記（3） 仮想的な撮像光学系の特性を想定して、取り込んだ画像に対して合焦状態に応じたぼけに相当する効果を付加する画像処理方法であり、
 被写体の各部分までの距離情報を含んで画像情報を取り込むステップと、
 想定された撮像光学系の有効径と焦点距離を導出可能なパラメータを入力するステップと、
 上記想定された撮像レンズの合焦位置を指定するステップと、
 上記入力された距離情報と、上記指定された合焦位置と、上記入力されたパラ

メータより、錯乱円を求めるステップと、

上記求めた錯乱円の大きさに対応した範囲で、単位広がり関数（P S F）によりぼけ状態を演算により求めるぼけステップと、

上記求めたぼけ状態に対応して、上記入力した画像にぼけ効果を加えるステップと、

を具備することを特徴とする画像処理方法。

【0 2 9 2】

付記（４） 取り込んだ画像に対してぼけ効果を付加する画像処理方法であり、

被写体の各部分までの距離情報を含んで画像情報を取り込むステップと、
上記入力した画像に、遠方の距離情報をもつ画像の部分より順に、上書きで、ぼけ効果を付加するステップと、

を具備することを特徴とする画像処理方法。

【0 2 9 3】

付記（５） 画像処理装置において、仮想的な撮像光学系の特性を想定して、
取り込んだ画像に対して合焦状態に応じたぼけ効果を付加するために記録された
コンピューターリーダーダブルプログラムの記録媒体であり、

被写体の各部分までの距離情報を含んで画像情報を取り込む機能をコンピュータにもたらす第１のコンピューターリーダーダブルプログラム手段と、

想定された撮像光学系の有効径と焦点距離を導出可能なパラメータを入力する
機能をコンピュータにもたらす第２のコンピューターリーダーダブルプログラム手段と

上記想定された撮像レンズの合焦位置を指定する機能をコンピュータにもたらす第３のコンピューターリーダーダブルプログラム手段と、

上記入力された距離情報と、上記指定された合焦位置と、上記入力されたパラメータより、ぼけ状態を演算により求める機能をコンピュータにもたらす第４のコンピューターリーダーダブルプログラム手段と、

上記求めたぼけ状態に対応して、上記入力した画像にぼけ効果を加える機能をコンピュータにもたらす第５のコンピューターリーダーダブルプログラム手段と、

が記録されていることを特徴とする記録媒体。

【 0 2 9 4 】

付記（６） 画像処理装置において、仮想的な撮像光学系の特性を想定して、取り込んだ画像に対して合焦状態に応じたぼけに相当する効果を付加するために記録されたコンピュータリーダブルプログラムの記録媒体であり、

被写体の各部分までの距離情報を含んで画像情報を取り込む機能をコンピュータにもたらす第１のコンピュータリーダブルプログラム手段と、

想定された撮像光学系の有効径と焦点距離を導出可能なパラメータを入力する機能をコンピュータにもたらす第２のコンピュータリーダブルプログラム手段と、

上記想定された撮像レンズの合焦位置を指定する機能をコンピュータにもたらす第３のコンピュータリーダブルプログラム手段と、

上記入力された距離情報と、上記指定された合焦位置と、上記入力されたパラメータより、錯乱円を求める機能をコンピュータにもたらす第４のコンピュータリーダブルプログラム手段と、

上記求めた錯乱円の大きさに対応した範囲で、単位広がり関数（ PSF ）によりぼけ状態を演算により求める機能をコンピュータにもたらす第５のコンピュータリーダブルプログラム手段と、

上記求めたぼけ状態に対応して、上記入力した画像にぼけ効果を加える機能をコンピュータにもたらす第６のコンピュータリーダブルプログラム手段と、

が記録されていることを特徴とする記録媒体。

【 0 2 9 5 】

付記（７） 画像処理装置において、取り込んだ画像に対してぼけ効果を付加するために記録されたコンピュータリーダブルプログラムの記録媒体であり、

被写体の各部分までの距離情報を含んで画像情報を取り込む機能をコンピュータにもたらす第１のコンピュータリーダブルプログラム手段と、

上記入力した画像に、遠方の距離情報をもつ画像の部分より順に、上書きで、ぼけ効果を付加する機能をコンピュータにもたらす第２のコンピュータリーダブルプログラム手段と、

が記録されていることを特徴とする記録媒体。

【0 2 9 6】

付記（８） 深さ情報を含む画像データを入力する手段と、

レンズの特性を表現するパラメータを設定する手段と、

焦点距離、F 値、画角、有効半径のうちの何れかを設定する手段と、

焦点を合わせる距離を設定する手段と、

これらの仮想的なカメラの設定値と、画像の深さ情報から、ぼけを含む画像の質感を表現を計算する手段と、

この計算結果を画像メモリに記憶する手段を持つことを特徴とした画像処理装置。

【0 2 9 7】

付記（９） ２次元の画像の各ピクセル単位で深さ情報を持つ画像を入力する手段を構成ことを特徴とする付記（８）記載の画像処理装置。

【0 2 9 8】

（対応する発明の実施の形態）

第 1 の実施形態に示す。

【0 2 9 9】

（作用・効果）

実写した深さ情報を取り込んだ画像データのみを入力し、あとは設定したレンズの情報と、合わせたい焦点の位置のみで、仮想カメラを構成できる。

【0 3 0 0】

この仮想カメラは、自然な立体感やぼけ、質感の状態を、撮影条件の変化やレンズの特性を設定することで可能となる。

【0 3 0 1】

付記（１０） ぼけ関数は、レンズの焦点距離と、F 値または口径と、焦点を合わせる距離と、画像の深さ情報からピクセル単位で計算される単位広がり関数（P S F）であることを特徴とした付記（８）記載の画像処理装置。

【0 3 0 2】

付記（１１） ぼけ関数は関数形が可変であり、焦点の位置と、計算する物体

の距離によって決定される凹関数、または凸関数であることを特徴とした付記
(8) 記載の画像処理装置。

【0303】

(対応する発明の実施の形態)

第1の実施形態に示す。

【0304】

(作用・効果)

実写した深さ情報を取り込んだ画像データのみを入力し、あとは設定したレンズの情報と、合わせたい焦点の位置のみで、仮想カメラを構成できる。

【0305】

この仮想カメラは、自然な立体感やぼけ、質感の状態を表現するとともに、理想的な質感や、人工的な質感を、撮影条件の変化やレンズの特性を設定することで可能となる。

【0306】

付記(12) ユーザーはF値とユーザーが指定する焦点の位置をボリュームによって自由に可変でき、入力した画像を間引いた粗い画像を用いた計算結果を表示することによって、対話形式で確認可能なパラメータ設定を持つことを特徴とした付記(8) 記載の画像処理装置。

【0307】

(対応する発明の実施の形態)

第1の実施形態に示す。

【0308】

(作用・効果)

実写した深さ情報を取り込んだ画像データのみを入力し、あとは設定したレンズの情報と、合わせたい焦点の位置のみで、仮想カメラを構成できる。

【0309】

この仮想カメラは、焦点を合わせたい距離をある程度の結果を見ながら対話形式で設定することが可能となる。

【0310】

付記（13） ユーザーが画面の位置を指定することで、その画面の深さ情報を用いて焦点の位置を決定することを特徴とした付記（8）、（12）記載の画像処理装置。

【0311】

付記（14） ユーザーが指定する画面上の焦点の位置を指定しながら、F 値をボリュームによって自由に可変し、入力した画像を間引いた粗い画像を用いた計算結果を表示することによって、対話形式でピントの位置と、F 値の指定を確認可能なパラメータ設定を持つことを特徴とした付記（8）、（13）記載の画像処理装置。

【0312】

付記（15） ユーザーは f 値の変更によってズーム倍率を可変できることを特徴とした付記（8）記載の画像処理装置。

【0313】

付記（16） ズーム倍率を設定する際、まず、ズームの中心点と、焦点を合わせる場所を設定し、ズームの中心座標と、その点の深さ情報を用いて、画面上の拡大と、ぼけ状態を計算するか、あるいは、対話形式でパラメータを決定することを特徴とした付記（8）記載の画像処理装置。

【0314】

（対応する発明の実施の形態）

第2の実施形態に示す。

【0315】

（作用・効果）

実写した深さ情報を取り込んだ画像データのみを入力し、あとは設定したレンズの情報と、合わせたい焦点の位置のみで、仮想カメラを構成できる。

【0316】

この仮想カメラは、焦点を合わせたい場所を設定するのみで、その位置に焦点を合わせ、その他の立体感や質感を或程度の結果を見ながら対話形式で設定することが可能となる。

【0317】

付記(17) ズーム倍率を設定する際、表示倍率は可変しないで拡大表示されるであろう領域の外枠を表示することを特徴とした付記(16)記載の画像処理装置。

【0318】

付記(18) ユーザーが指定するズームの中心座標をもとに、画面を拡大し、画面上の焦点の位置を指定して、ピントの位置を決め、F値をボリュウムによって自由に可変し、入力した画像を間引いた粗い画像を用いた計算結果を表示することによって、対話形式で画角の中心位置と、ズーム倍率、F値の指定を確認可能なパラメータ設定を持つことを特徴とした付記(8)記載の画像処理装置。

【0319】

(対応する発明の実施の形態)

第3の実施形態に示す。

【0320】

(作用・効果)

実写した深さ情報を取り込んだ画像データのみを入力し、あとは設定したレンズの情報と、台わせたい焦点の位置のみで、仮想カメラを構成できる。

【0321】

この仮想カメラは、焦点を合わせたい場所を設定し、かつズーム倍率を設定するのみで、その位置に焦点を合わせてズーミングができ、その他の立体感や質感をある程度の結果を見ながら対話形式で設定することが可能となる。

【0322】

(付記19) 画像の中心からの距離と方位によって変化するコマ収差の影響を取り入れて、ぼけ状態を表現することを特徴とする付記(8)記載の画像処理装置。

【0323】

(付記20) コマ収差のために、錯乱円の半径の中心位置を、画像の中心位置からの距離に応じてずらしたぼけ関数により、非対称な点広がり関数を求める

ことを特徴とする付記（８）、（１９）記載の画像処理装置。

【０３２４】

（対応する発明の実施の形態）

第４の実施形態に示す。

【０３２５】

（作用・効果）

実写した深さ情報を取り込んだ画像データのみを入力し、あとは設定したレンズの情報と、合わせたい焦点の位置のみで、仮想カメラを構成できる。

【０３２６】

この仮想カメラは、コマ収差の影響を取り入れることが可能となり、人間の眼に似た画像の質感が仮想カメラによって得られる特徴を持つ。

【０３２７】

（付記２１） 色収差をの影響を取り入れることを特徴とした付記（８）記載の画像処理装置。

【０３２８】

（付記２２） 対称的な d の半径の点広がり関数のうち、 d からある範囲 $d-\Delta$ を色収差影響領域として考え、赤色収差、または、青色収差を組み込むことを特徴とした付記（８）、（２１）記載の画像処理装置。

【０３２９】

（対応する発明の実施の形態）

第５の実施形態に示す。

【０３３０】

（作用・効果）

実写した深さ情報を取り込んだ画像データのみを入力し、あとは設定したレンズの情報と、合わせたい焦点の位置のみで、仮想カメラを構成できる。

【０３３１】

この仮想カメラは、色収差の影響を取り入れることが可能となり、周辺部が赤みを帯びたり、青みを帯びる人間の感覚を持つ画像の質感が仮想カメラによって得られる特徴を持つ。

【0332】

(付記23) 大気中の色のシフトの影響を取り入れることを特徴とした付記(8)記載の画像処理装置。

【0333】

(付記24) ある距離以上の色特性を、青領域、または赤領域を強調するか、または赤領域、または青領域を減衰させることを特徴とした付記(8)、(23)記載の画像処理装置。

【0334】

(対応する発明の実施の形態)

第6の実施形態に示す。

【0335】

(作用・効果)

実写した深さ情報を取り込んだ画像データのみを入力し、あとは設定したレンズの情報と、合わせたい焦点の位置のみで、仮想カメラを構成できる。

【0336】

この仮想カメラは、大気中の色分散の影響を取り入れることが可能となり、遠方が青みを帯びたり、地平線の近傍が赤みを帯びるという、自然界の感覚を持つ画像の質感が仮想カメラによって得られる特徴を持つ。

【0337】

(付記25) 各物体単位で、各ピクセルまたは領域単位での深さ情報と画像情報を、まとまった単位として入力する手段を持つを特徴とする付記(8)記載の画像処理装置。

【0338】

(付記26) 入力画像が、ピクセル単位では無く、あるまとまったオブジェクト単位で、一定の距離を持ったオブジェクトの集合であることを特徴とした付記(8)記載の画像処理装置。

【0339】

(対応する発明の実施の形態)

第7の実施形態に示す。

【0 3 4 0】

(作用・効果)

実写した深さ情報を取り込んだ画像データのみを入力し、あとは設定したレンズの情報と、合わせたい焦点の位置のみで、仮想カメラを構成できる。

【0 3 4 1】

この仮想カメラへの入力は、通常の 2 次元画像を用いて加工して作製した画像や、簡易的に得られた 3 次元計測画像、3 D オーサリングツールによって得られた画像、アニメーション画像等の画像に本発明の処理が与えられる。

【0 3 4 2】

【発明の効果】

請求項 1 に記載の発明によれば、入力した画像の所望の部分に合焦状態とし、他の部分に距離に対応した所望のぼけを加えることができる。

【0 3 4 3】

これにより、例えば、コンパクトカメラで撮影したような、画面のすべてで合焦しているような画像も、高級な一眼レフカメラで撮影したような、ぼけの感覚を生かした画像に加工することができる。

【0 3 4 4】

また、仮想的な光学系を想定しているので、ぼけも不自然でない。

【0 3 4 5】

さらに、合焦位置を自由に指定できるので、遠景をぼかせたり、近景をぼかせたりが自在にできる。

【0 3 4 6】

また、任意の仮想光学系でのぼけが再現できる。

【0 3 4 7】

請求項 2 に記載の発明によれば、ぼけを付加する処理における「かぶり」の問題を解決することができる。

【0 3 4 8】

請求項 3 に記載の発明によれば、画面の一部でぼけの効果を確認してから、画面全体にぼけを付加する処理に移れるので、効率がよい。

【0349】

したがって、以上説明したように、本発明によれば、従来の課題を解決して、仮想カメラとしてのデジタルカメラの質感向上の実用化を可能とすることにより、ぼけ等の質感を効果的に付加し得るデジタルカメラシステムの実現に寄与可能な画像処理装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

図1は、本発明の基本技術の構成を示す機能ブロック図である。

【図2】

図2は、レンズの焦点位置よりも前にある物体の結像状態を示す図である。

【図3】

図3の(a)は、(5)式の関係を実際に計算し、数量化して示す図であり、図3の(b)は、(5)式の計算結果をグラフ化して示す図である。

【図4】

図4の(a)は、(8)式の関係を実際に計算し、数量化して示す図であり、図4の(b)は、(8)式の計算結果をグラフ化して示す図である。

【図5】

図5は、レンズの焦点位置よりも遠方にある物体の結像関係を示す図である。

【図6】

図6は、実際のぼけの状態として、図3の(a)、(b)及び図4の(a)、(b)が組み合わさった状態で現れる様子を示す図である。

【図7】

図7は、PSF特性の説明図を示し、図7の(a)は Z_f よりも近い場合の Z_f 面でのPSFであり、図7の(b)は Z_f よりも遠方の像が作るPSFである。

【図8】

図8は、本発明の第1の実施の形態による実際の処理の手順を示すフローチャートである。

【図 9】

図 9 は、図 8 のステップ (S 5) の実際の画像の変換処理をピクセル単位で計算する場合の一例としての手順を示すフローチャートである。

【図 1 0】

図 1 0 の (a) は、本発明の第 1 の実施の形態によっても残されている課題の一つとして示す処理の順番による物体間の「かぶり」であり、図 1 0 の (b) は、この「かぶり」の解決の手段を示しており、図 1 0 の (c) は、他の解決手段を示している。

【図 1 1】

図 1 1 から図 1 3 は、第 1 の実施の形態における具体的な処理について説明するために示している図であり、図 1 1 の (a) は最初にレンズの特性を設定する画面を例示する図であり、図 1 1 の (b) は収差を設定する画面であり、図 1 1 の (c) は、ぼけ関数、すなわち、錯乱円内の単位広がり関数 (Point Spread Function) の形を設定する機能を示す図である。

【図 1 2】

図 1 2 は、図 8 に示した仮想カメラのパラメータ設定 (ステップ S 3) と焦点位置設定 (ステップ S 4) を示す図である。

【図 1 3】

図 1 3 は、最終的に決定したパラメータによって得られた最終映像を例示する図である。

【図 1 4】

図 1 4 は、第 2 の実施の形態を示す図である。

【図 1 5】

図 1 5 は、第 3 の実施の形態を示す図である。

【図 1 6】

図 1 6 は、第 4 の実施の形態を示す図であり、図 1 6 の (a) はコマ収差の特性と表現方法の一例を示す図であり、図 1 6 の (b) は他の例としてより簡略化した例を示す図である。

【図 1 7】

図 1 7 は、第 5 の実施の形態を示す図であり、図 1 7 の（a）は青色を強調する例として錯乱円 3 7 の半径 d で決まるぼけ関数の大きさを示す図であり、図 1 7 の（b）は赤色を強調する例を示す図である。

【図 1 8】

図 1 8 は、第 6 の実施の形態として大気の色分散の特性と表現方法を示すもので、図 1 8 の（a）は赤シフトの一例であり、図 1 8 の（b）は青シフトの一例である。

【図 1 9】

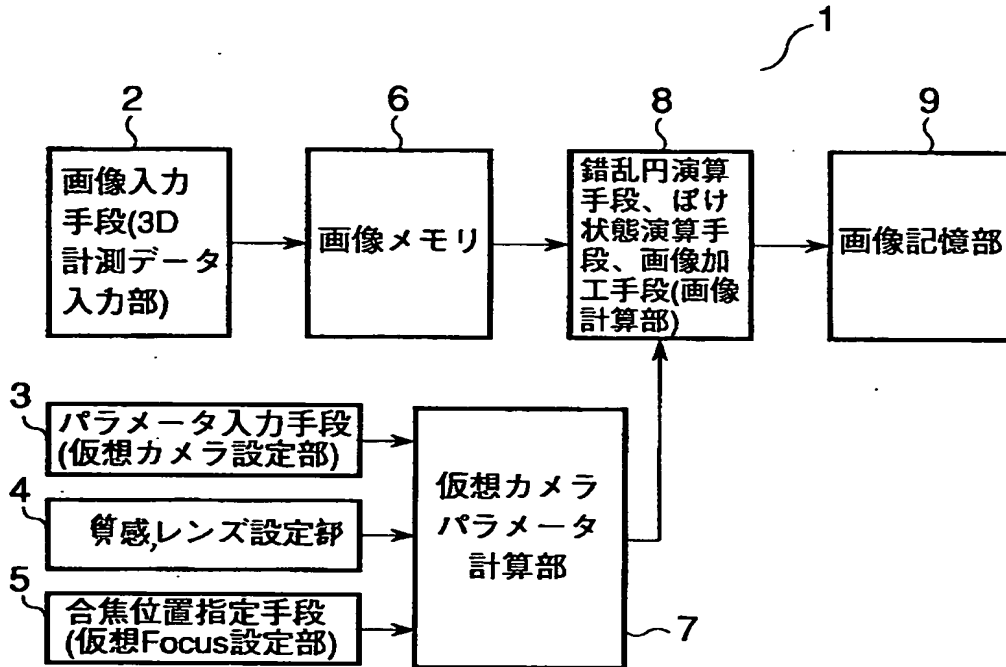
図 1 9 は、第 7 の実施の形態を示す図であり、図 1 9 の（a）は一例としてピクセル単位の深さ情報では無く、ある物体単位の距離情報を入力する場合であり、図 1 9 の（b）は、さらに簡略化した例としてあるまとまった物体単位で一つの深さ情報を割り当てる例で、物体単位で同一の情報を持つようになされている場合である。

【符号の説明】

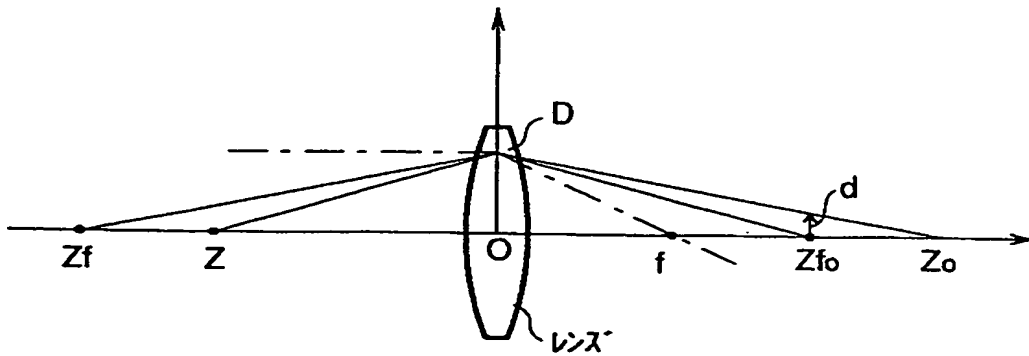
- 1 …入出力処理部、
- 2 …画像入力手段（3 次元（D）計測データ入力部）、
- 3 …パラメータ入力手段（仮想カメラ設定部）、
- 4 …質感やレンズの設定部、
- 5 …合焦位置指定手段（仮想フォーカス設定部）、
- 6 …画像メモリ、
- 7 …仮想カメラパラメータ変換計算部、
- 8 …錯乱円演算手段、ぼけ状態演算手段、画像加工手段（画像計算部）、
- 9 …画像（記録）記憶装置。

【書類名】 図面

【図 1】



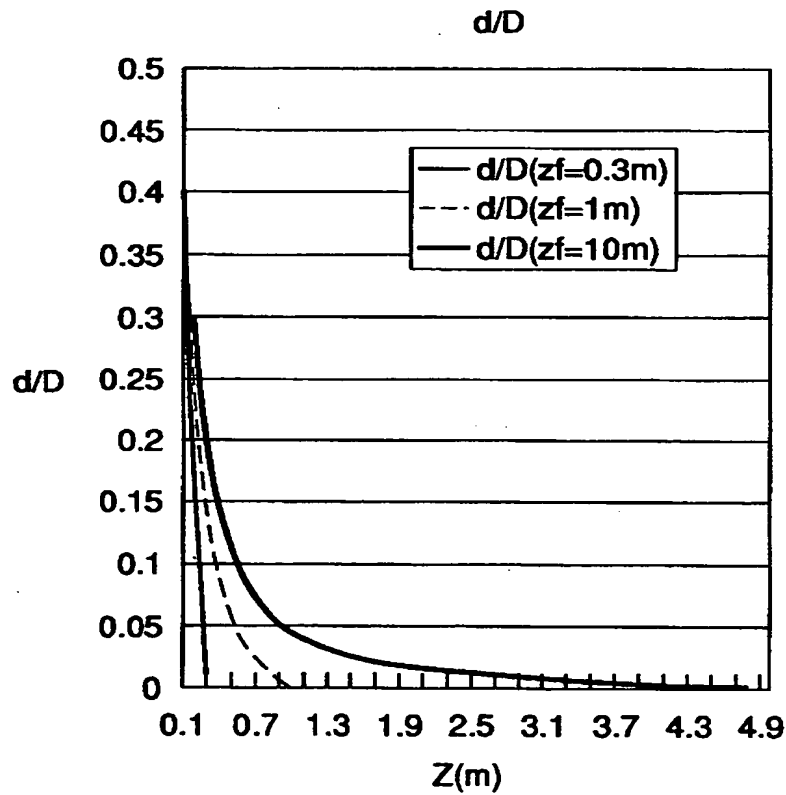
【図 2】



【図 3】

Z(m)	$d/D(Zf=0.3m)$	$d/D(Zf=1m)$	$d/D(Zf=10m)$
0.1	0.4	0.47	0.49
0.2	0.1	0.21	0.24
0.4	0	0.078	0.12
0.6		0.035	0.078
1m			0.045
1.2m			0.037
1.5m			0.028
2m			0.022

(a)

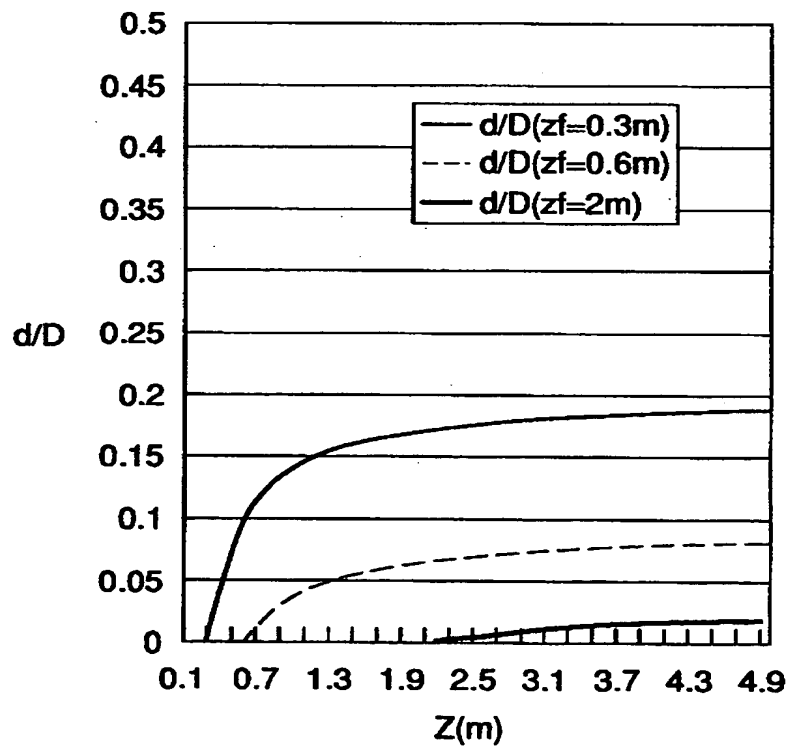


(b)

【図 4】

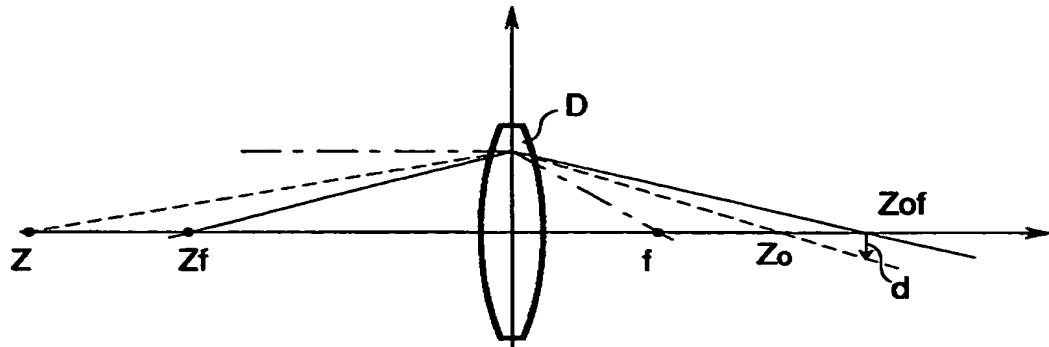
Z(m)	d/D(Zf=0.3m)	d/D(Zf=0.6m)	d/D(Zf=2m)
0.2			
0.4	0.05		
0.6	0.10		
0.8	0.125	0.022	
1	0.140	0.363	
1.3	0.153	0.0489	
1.6	0.163	0.0570	
2.0	0.170	0.0630	
2.5	0.176	0.0690	0.0051
3	0.180	0.0727	0.0085

(a)

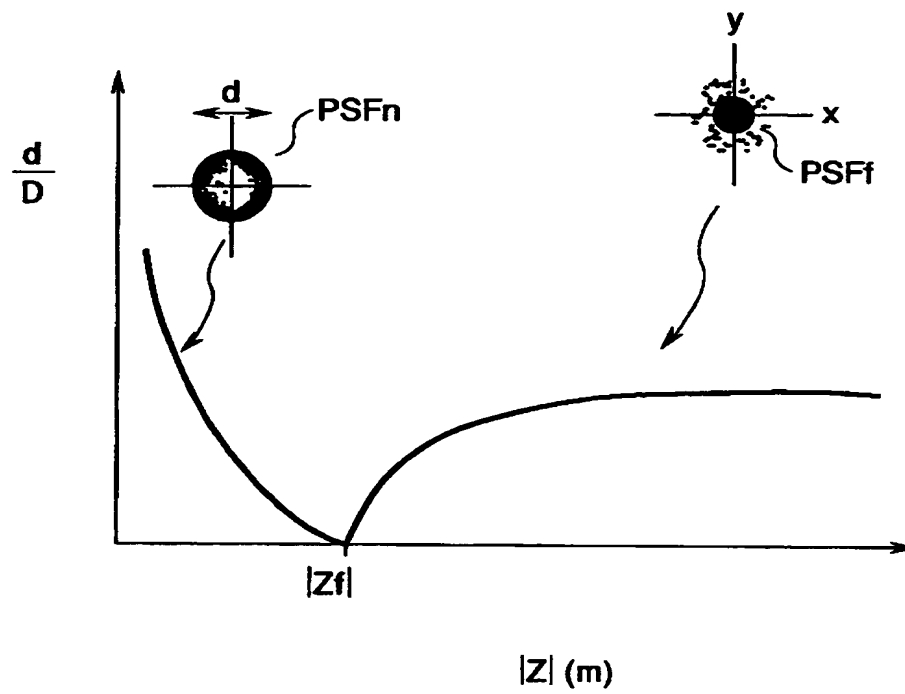


(b)

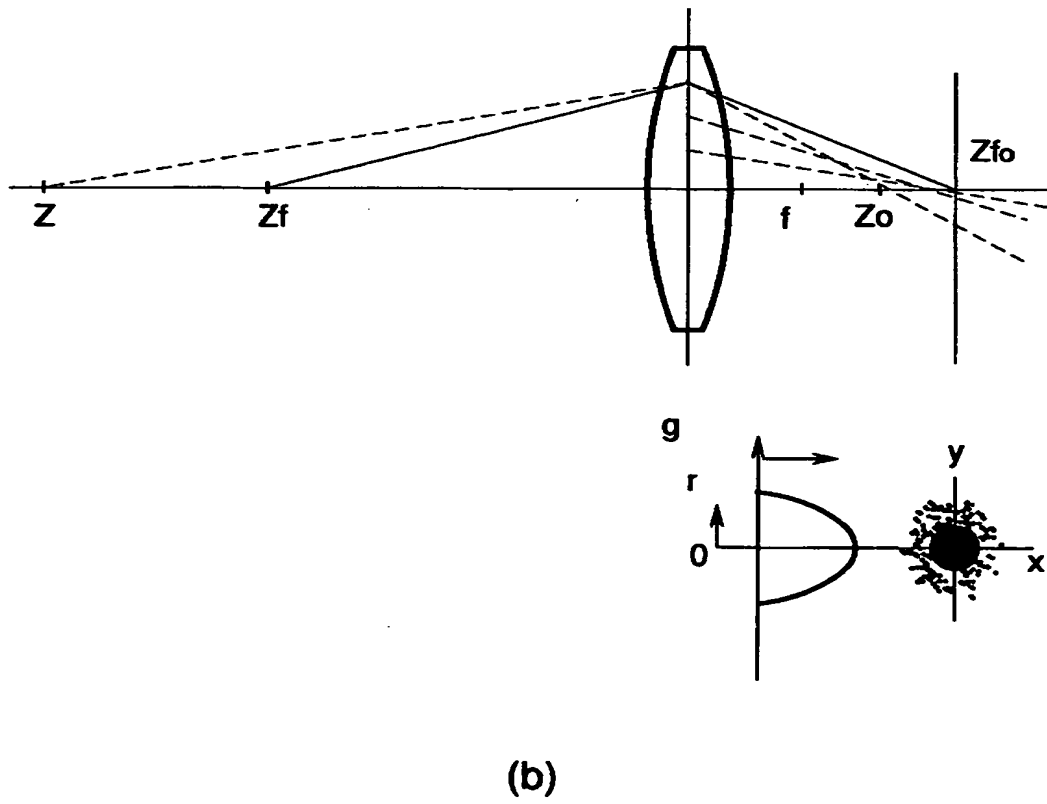
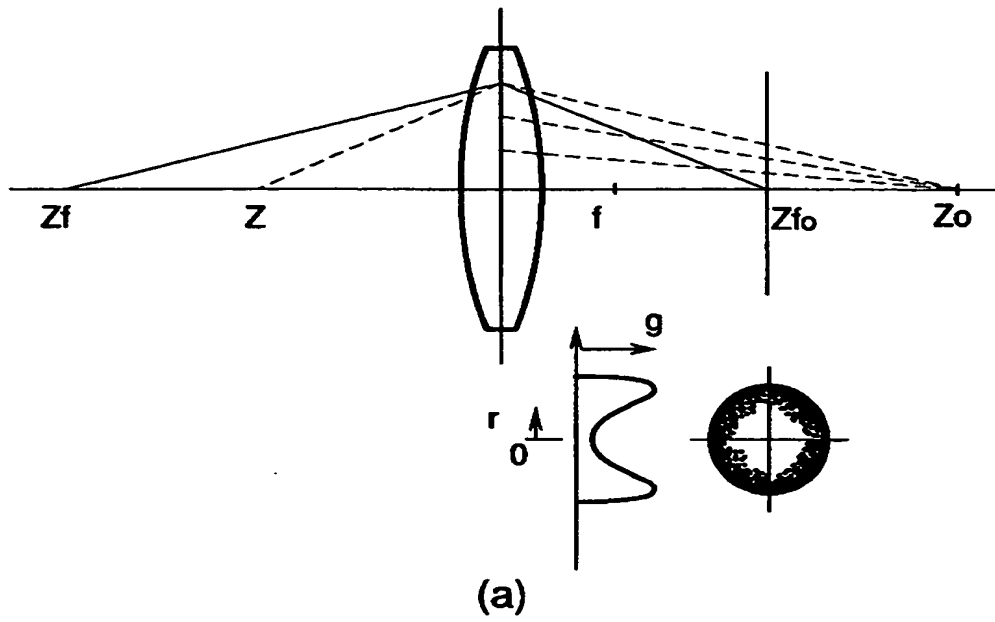
【图 5】



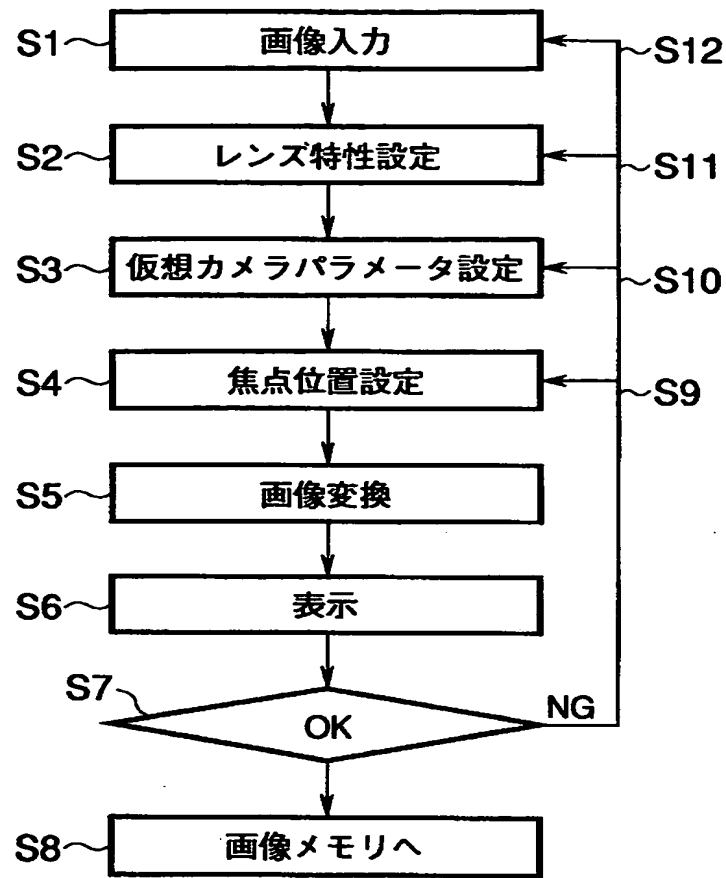
【图 6】



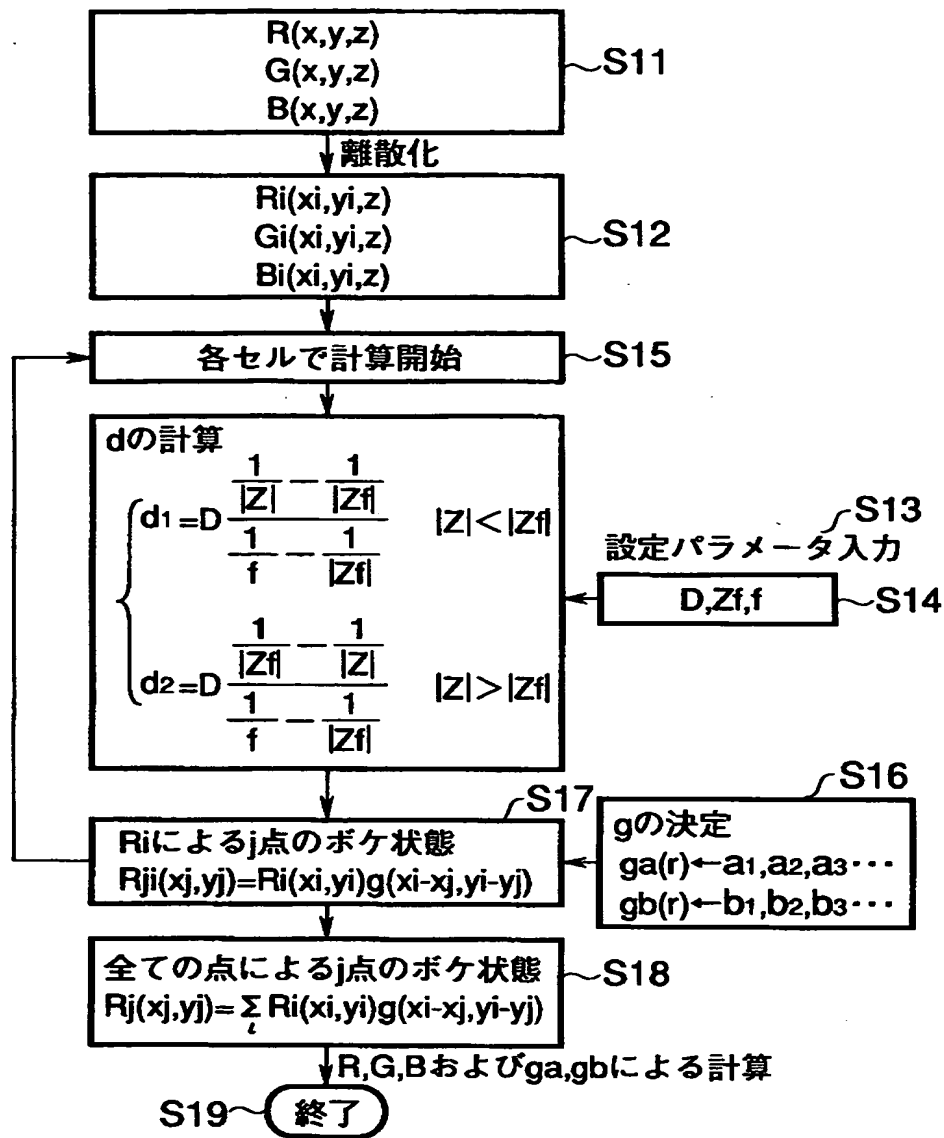
【図 7】



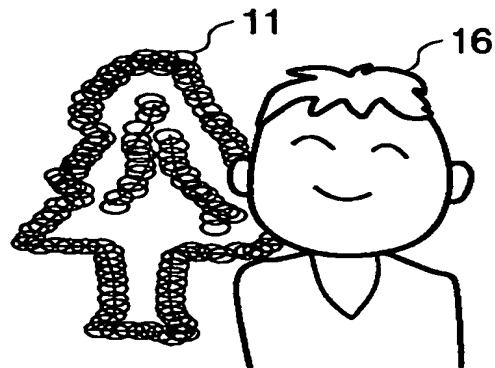
【図 8】



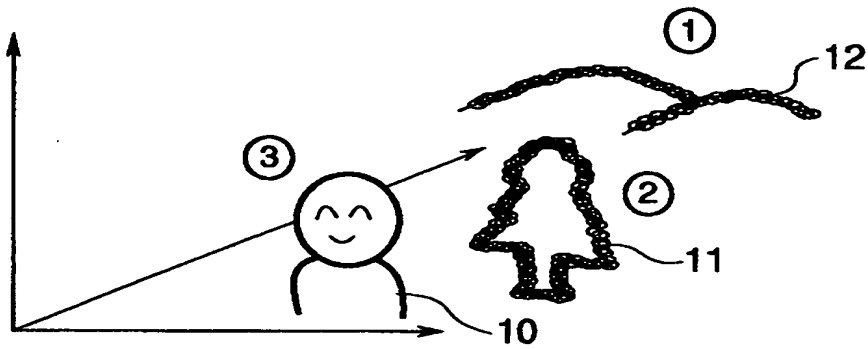
【図 9】



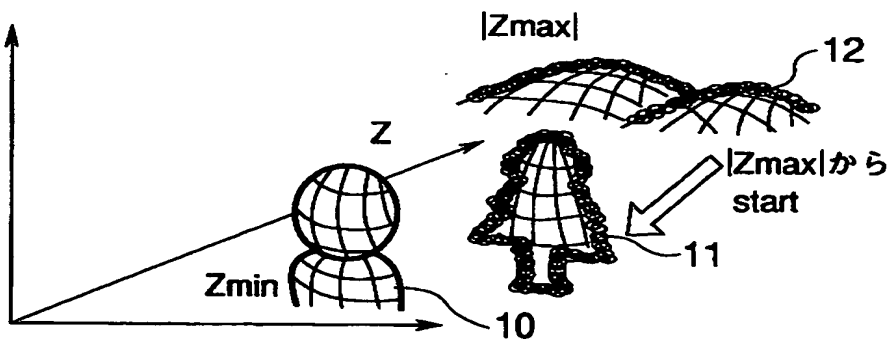
【図 1 0】



(a)

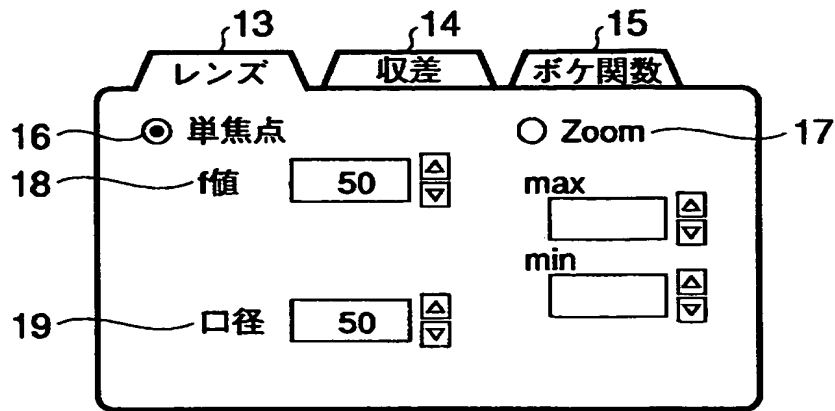


(b) object単位で $|Z|$ の大きな物体から処理

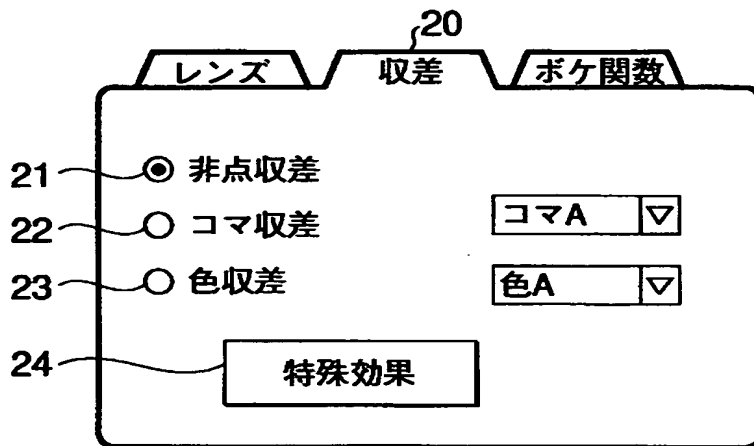


(c)

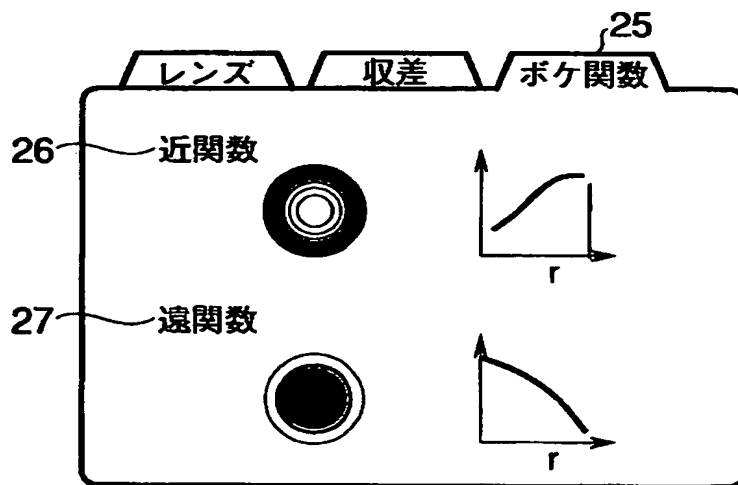
【図 1 1】



(a)

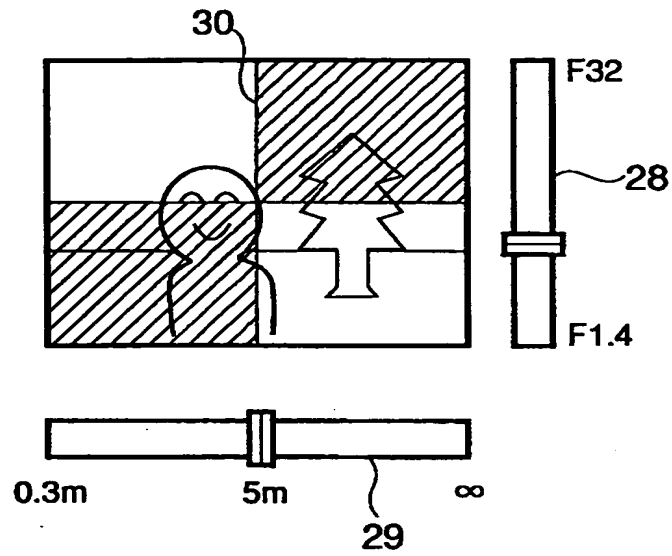


(b)

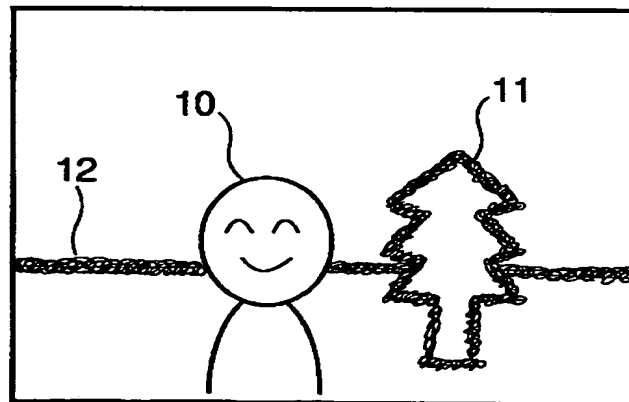


(c)

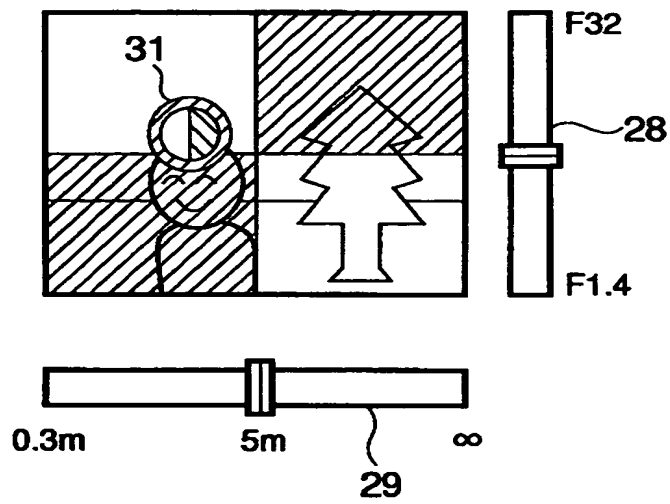
【図 1 2】



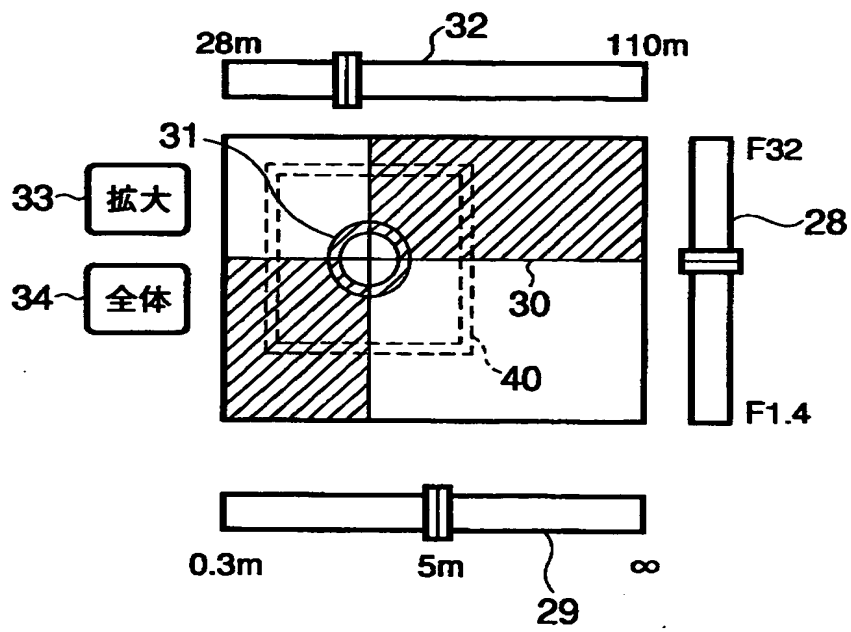
【図 1 3】



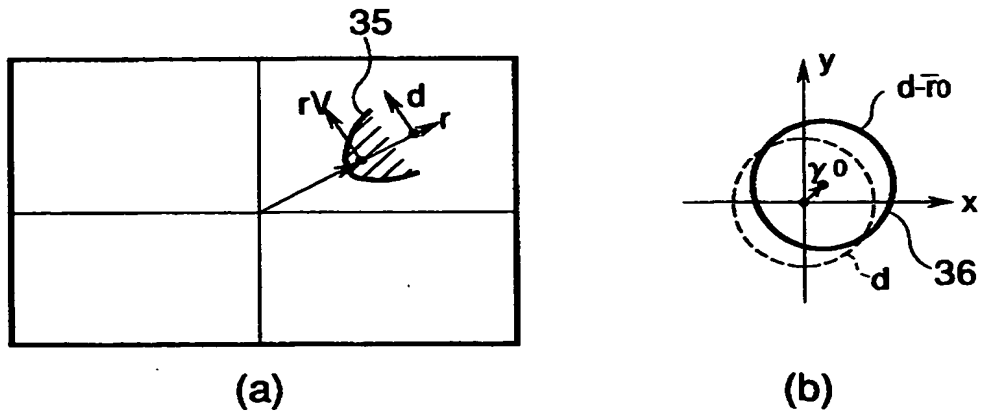
【図 14】



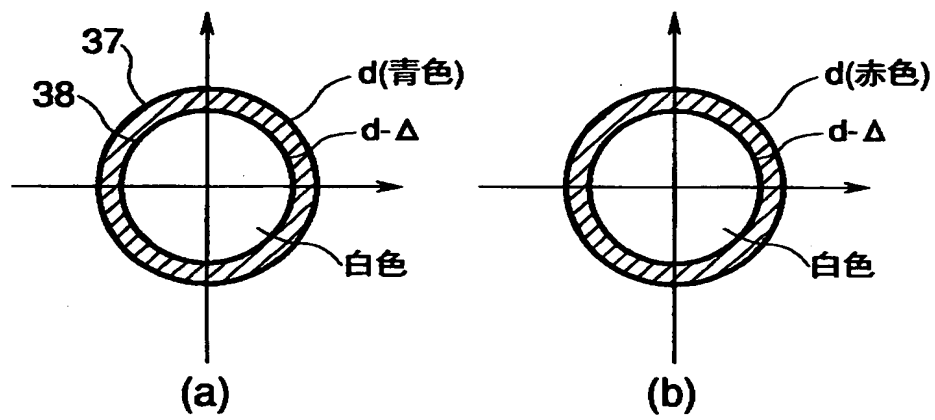
【図 15】



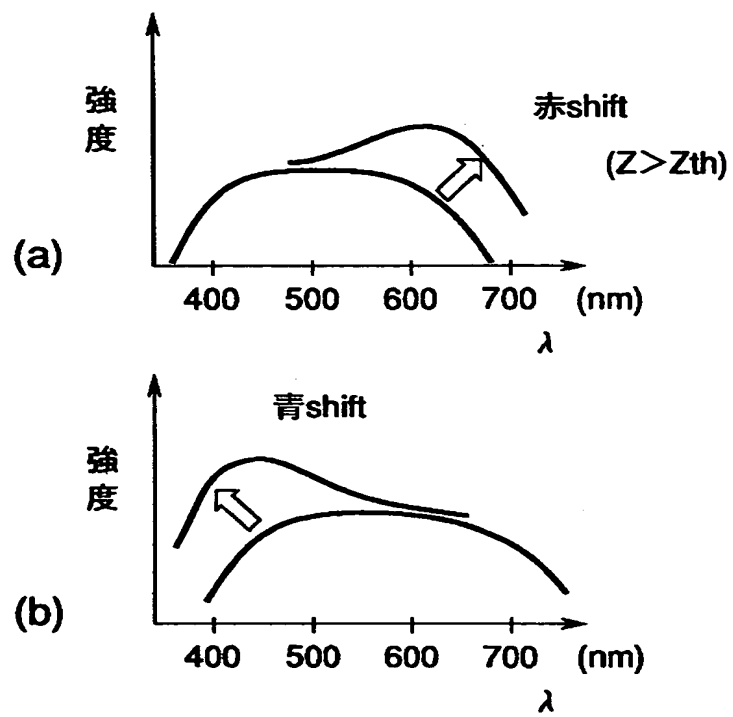
【図 1 6】



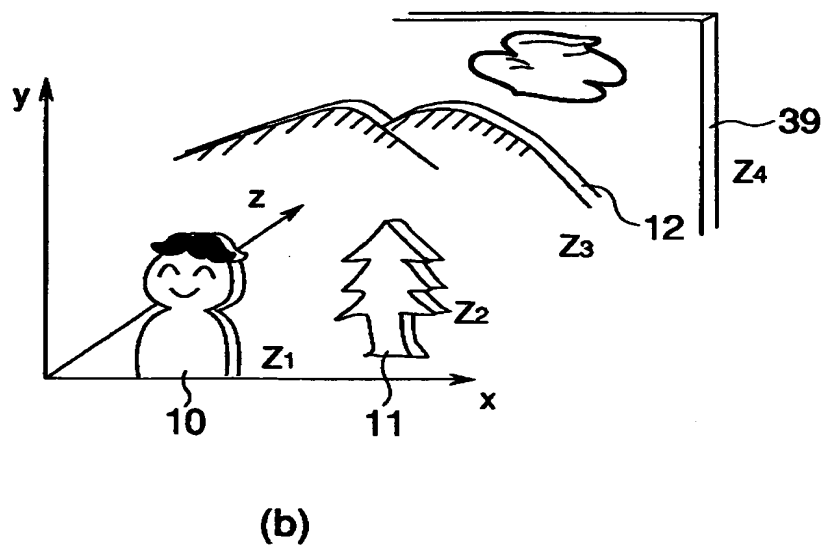
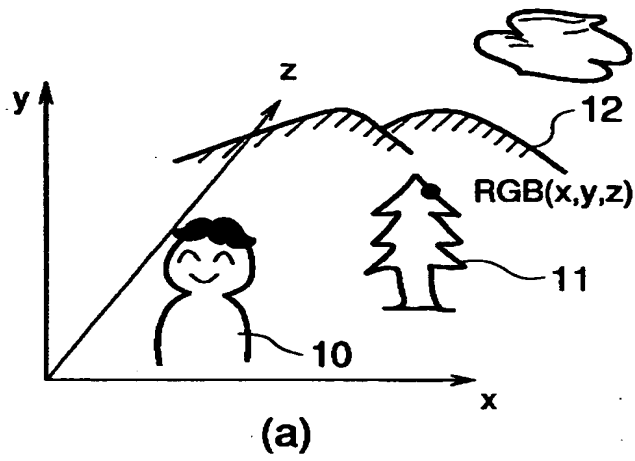
【図 1 7】



【図 18】



【図 19】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 この発明は、ぼけ等の質感を効果的に付加し得るデジタルカメラシステムの実現に寄与可能な画像処理装置を提供することを課題とする。

【解決手段】 この発明によれば、仮想的な撮像光学系の特性を想定して、取り込んだ画像に対して合焦状態に応じたぼけ効果を付加する画像処理装置であり、被写体の各部分までの距離情報を含んで画像情報を取り込む画像入力手段と、想定された撮像光学系の有効径と焦点距離を導出可能なパラメータを入力するパラメータ入力手段と、上記想定された撮像レンズの合焦位置を指定する合焦位置指定手段と、上記画像入力手段によって入力された距離情報と、上記合焦位置指定手段によつて指定された合焦位置と、上記パラメータ入力手段によって入力されたパラメータより、ぼけ状態を求めるぼけ状態演算手段と、上記ぼけ状態演算手段で求めたぼけ状態に対応して、上記画像入力手段で入力した画像にぼけ効果を加える画像加工手段とを具備することを特徴とする画像処理装置が提供される。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000000376]

1. 変更年月日	1990年 8月20日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
氏 名	オリンパス光学工業株式会社